

DIE ANFÄNGE
UND HEUTIGEN MÖGLICHKEITEN
DER MASCHINELLEN BEATMUNG
BEI KINDERN

Gerold Georg Pfab

1981

Aus der Abteilung für
Pädiatrische Anästhesie und Kinderchirurgische Intensivpflege
(Leiter : Dr.K. Mantel)
der Kinderchirurgischen Klinik
(Direktor: Prof.Dr.W.Ch.Hecker)
der Universitäts-Kinderklinik München
im Dr. von Hauner-schen Kinderspital

DIE ANFÄNGE UND HEUTIGEN MÖGLICHKEITEN
DER MASCHINELLEN BEATMUNG BEI KINDERN

Inaugural-Dissertation
zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
an der Ludwig-Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Gerold Georg Pfab
aus
Stephanskirchen
Jahr
1981

Mit Genehmigung des Fachbereiches Medizin der Universität
München

Berichterstatter : Prof. Dr.med W.Ch. Hecker

Dekan : Prof. Dr. med W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung : 20. 10. 1981



INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
I. EINLEITUNG	1
II. KRANKENGUT, METHODIK	
1. Patienten	2
2. Maschinelle Beatmung, Pflege der Kinder	2
3. Untersuchte Parameter	4
III. ERGEBNISSE	
1. Künstliche Luftwege	6
2. Indikation zur maschinellen Beatmung	6
3. Bakteriologische Analysen des Bronchialsekrets	7
4. Interpretation der Einzelbeispiele	7
IV. DISKUSSION	
1. Indikation zur maschinellen Beatmung	49
2. Künstliche Luftwege	51
3. Moderne Beatmungstechniken und mechanische Atemhilfen	55
V. ZUSAMMENFASSUNG	58

ANHANG

Tabellen

I. EINLEITUNG

Die Intensivmedizin hat in der Pädiatrie später Fuß gefaßt als beispielsweise in der Chirurgie, Inneren Medizin oder Anästhesie (LAWIN 1976). 1965 wurde an der Universitäts-Kinderklinik Mainz die erste allgemein-pädiatrische und 1967 an der Düsseldorfer Universitäts-Kinderklinik die zweite derartige Intensivstation eröffnet. Als im Juni 1969 in der Universitäts-Kinderklinik München die Intensivstation ihren Betrieb aufnahm, war dies die dritte derartige Einheit in der Bundesrepublik. Parallel dazu entstanden Abteilungen für Neonatologie zur Aufnahme behandlungsbedürftiger, schwerkranker Früh- und Neugeborener.

Die Entwicklung der Kinderintensivmedizin in den spezialisierten Zentren war dann aber sehr stürmisch und dementsprechend auch ihre Erfolge: Zum Teil wurden Behandlungstechniken und Geräte vom Erwachsenen für Kinder angepaßt, zum Teil wurden sie neu entwickelt. Einführen von Venenkathetern einschließlich Subklaviatechnik, Messung des ZVD, Messung des arteriellen Blutdruckes (blutig und unblutig), Intubationsbehandlung, langdauernde maschinelle Beatmung, Peritonealdialyse sowie Hämodialyse und Kohlehämoperfusion als Detoxikationsverfahren sind bei Verwendung von altersentsprechenden Geräten bei Kindern jeder Größe möglich und werden heute auf pädiatrischen Intensivbehandlungsstationen routinemäßig angewandt.

Um den raschen Fortschritt und die Entwicklung der Intensivmedizin in der Pädiatrie am Beispiel der Respiratortherapie einmal klar dazustellen, war es unser Ziel, den Verlauf von 24 langzeitbeatmeten Patienten aus der Anfangszeit, d.h. ab 1969, detailliert zu analysieren und dann den bis heute erarbeiteten Techniken gegenüberzustellen. Vereinzelt waren auch vorher schon maschinelle Langzeitbeatmungen, meist bei Tetanuspatienten, auf einer Normalstation durchgeführt worden.

II. KRANKENGUT, METHODIK

1. Patienten

Es wurden 24 langzeitbeatmete Kinder der Studie zugrunde gelegt. Sie waren in den Jahren 1969 bis 1971 auf der Internen Intensivpflegestation (IIPS) behandelt worden. Sieben Kinder waren Mädchen, 17 Jungen; 18 dieser Kinder starben und sechs überlebten.

Die Altersverteilung war folgende: Vier Kinder waren Neugeborene, 12 Kinder waren zwei Wochen bis vier Monate alt, fünf Kinder waren Säuglinge zwischen vier Monaten und ein Jahr und drei Kinder waren älter als ein Jahr.

Die Studie umfaßt einen Zeitraum von 1894 Pflgetagen; dabei war an 1047 Tagen eine Langzeitbeatmung erforderlich.

Durchschnittlich wurde jeder der 24 Patienten 78.9 Tage stationär behandelt (Minimum: 6 Tage, Maximum: 413 Tage) und 43.6 Tage maschinell beatmet (Minimum: 1 Tag, Maximum: 198 Tage).

2. Maschinelle Beatmung, Pflege der Kinder

Es wurden auf die pädiatrische Intensivpflegestation mit Ausnahme der Neugeborenen und Frühgeborenen (Versorgung auf der Neugeborenen-Intensivpflegestation) alle kritisch kranken Kinder aufgenommen, also Patienten mit akuten, lebensbedrohlichen Störungen vitaler Funktionen. Nicht mehr auf diese Station verlegt wurden Kinder im Finalstadium bösartiger Erkrankungen (SCHÖBER 1971).

Die Überwachung der Kinder erfolgte bettseitig durch EKG-Monitoren. Sie sind in allen Lebensaltern anwendbar. Die opto-akustische Kontrolle ist möglich, auch bei motorischer

Unruhe der Kinder. Von Anfang an wurde auf die Einrichtung einer kostspieligen zentralen Überwachungseinheit wegen der bei Kindern typischen Häufung von Fehlalarmen verzichtet und weil bei dem Bauprinzip der offenen Intensivstation die alleinige, bettseitige Überwachung genügt. Durch eine Grenzwerteinstellung meldet der EKG-Monitor Tachy- und Bradykardien, die über die individuell gewählten Grenzen hinausgehen. Dies ist die wichtigste Funktion des EKG-Monitors.

Alle schwerstkranken Kinder wurden zunächst teilweise oder ganz parenteral ernährt. Von Anfang an wurde ein rascher Nahrungsaufbau angestrebt und schließlich der venöse Zugang entfernt, wenn die volle orale Ernährung erreicht war (meist über eine Verweilsonde im Magen) und keine Medikamente mehr intravenös zu verabreichen waren. Als sicherer Zugang wurden Venenkatheter bevorzugt. Nur selten mußte hier eine Venae sectio durchgeführt werden, in der Regel gelang es durch Punktion einer größeren Vene, die Katheter in das Lumen der Gefäße vorzuschieben. Die Technik der Punktion von Vena jugularis interna oder Vena subclavia wurde noch nicht praktiziert.

Als Beatmungsgeräte standen damals zur Verfügung: Bird-Mark-8, Engström-Respirator, Dräger-Spiromat und Dräger-Assistor.

Säuglinge wurden vorwiegend mit dem Bird-Mark-8 beatmet, obwohl er als druckgesteuerter Respirator bei wechselnder Compliance der Lunge im Gegensatz zu den volumengesteuerten Geräten (Dräger-Spiromat, Engström-Respirator) eine Volumeninkonstanz aufweist. In Anlehnung an die Erfahrungen der Intensivpflegestation der Düsseldorfer Universitäts-Kinderklinik entschieden wir uns für den Bird-Mark-8 damals aus folgenden Gründen (LEMBURG 1971):

a) Kleiner, handlicher Respirator.

b) Zum Betrieb des Respirators war nur eine einzige Versorgungsleitung nötig. Das Antriebsgas ist zugleich auch das Atemgas.

- c) Kontrollierte und assistierte Beatmung sind möglich.
- d) Bei assistierter Beatmung kann der Erfahrene die Maschine sehr fein der Eigenatmung des Kindes anpassen, weil die Einstellungsmöglichkeit besonders variabel ist. Dies hat andererseits den Nachteil, daß der weniger Geübte große Schwierigkeiten hat, den Respirator richtig einzustellen.
- e) Möglichkeit der Beatmung mit hohen Atemfrequenzen.

Da wir damals noch über keine zentrale Druckluft verfügten, speisten Kompressoren die Bird-Mark-8-Geräte. Die Folge waren nicht selten Defekte, hervorgerufen durch Kondenswasser. Spiromat und Assistor der damaligen Bauart benötigten für die Sauerstoffanreicherung eine zusätzliche Gasleitung. Zu dieser Zeit waren im Handel noch keine Sauerstoff-Mischgeräte erhältlich, wie sie heute Bauteil fast aller Respiratoren sind. Am wenigsten störanfällig und reparaturbedürftig waren die Engström-Respiratoren. Von großem Vorteil war auch, daß sie mit einem Generator die Druckluft selbst erzeugen. Nachteilig waren zu niedrige Beatmungsfrequenz und die Unmöglichkeit der assistierten Beatmung.

In üblicher Weise wurden die gemessenen Parameter (Puls, Atmung, Blutdruck, Temperatur, Maschinenwerte), Laborergebnisse, Beobachtungen und Empfehlungen von Konsiliarärzten in die Tageskurve eingetragen.

3. Untersuchte Parameter

Basierend auf den täglichen Krankenkurven wurden folgende Größen graphisch als Verlaufskurven dargestellt:

Wasserstoffionenkonzentration (pH) und Kohlensäurepartialdruck ($p\text{CO}_2$) im Kapillarblut, inspiratorische Sauerstoffkonzentration (FiO_2), Pulsfrequenz, Atemfrequenz, endinspiratorischer Druck des Respirators (Maschinendruck) und Körpergewicht.

Daneben wurden aufgeschlüsselt:

Gesamtdauer der Intubation bzw. Tracheotomie, Zahl der Umintubationen, Häufigkeit der Selbstextubationen.

Weiter analysierten wir bakteriologische Befunde der aus Tuben und Kanülen gewonnenen Sekrete. Zuletzt ergänzen Krankheitsausgang und gegebenenfalls Sektionsbefunde die Untersuchungen.

III. ERGEBNISSE

1. Künstliche Luftwege

Bis auf zwei Kinder wurden die Patienten primär über einen Nasotrachealtubus beatmet. Insgesamt waren die Kinder 921 Tage intubiert, im Mittel jedes Kind 41.9 Tage. In fünf Fällen schloß sich an die nasotracheale Langzeitintubation eine sekundäre Tracheotomie an. Diese Kinder waren im einzelnen folgende Zeiten intubiert: 23 Tage, 75 Tage, 11 Tage, 54 Tage und 22 Tage. Bei den 24 Patienten waren im Laufe der Langzeitintubationen 211 Umintubationen erforderlich, was einem Mittel von 9.2 Umintubationen pro Kind entspricht. Die maximale Liegedauer der Tuben betrug 14 Tage, die kürzeste Liegedauer im Schnitt 2 Tage und die mittlere Liegedauer errechnete sich mit 7 Tagen. Bei acht Kindern kam es zu Selbstextubationen. Auffällig war bei zwei Kindern mit sechs bzw. acht Selbstextubationen die Häufung. Dagegen tolerierten 16 Kinder die künstlichen Luftwege ohne Selbstextubation oder Selbstdekanülierung.

2. Indikation zur maschinellen Beatmung

Die Indikation zur maschinellen Langzeitbeatmung ergab sich aus der Grundkrankheit und einer sich daraus entwickelnden respiratorischen Insuffizienz.

Das Gros der Krankheiten, die die maschinelle Langzeitbeatmung erforderlich machten, setzt sich zusammen aus angeborenen Herzfehlern. 14 dieser 17 Kinder hatten eine Bänderungsoperation der Arteria pulmonalis hinter sich. Weiter mußte je ein Kind wegen folgender Grundkrankheit beatmet werden: Stridor congenitus, Meningitis, Bronchopneumonie, Morbus Werdnig-Hoffmann, akute Epiglottitis, stumpfes Bauchtrauma, Hirntumor.

Sechs von 24 Kindern (Mortalität 75 %) überlebten und wurden im Alter von 45, 152, 168, 214, 270 bzw. 360 Tagen entlassen. Der Sektionsbefund der gestorbenen Kinder steht in engem Zusammenhang mit der Grundkrankheit und der Langzeitbeatmung. Dementsprechend fanden sich neben den korrigierten und operierten Herzfehlern häufig bronchopneumonische Herde, Atelektasen und die bekannten Zeichen der Respiratorlunge.

3. Bakteriologische Analysen des Bronchialsekrets

Insgesamt wurden 69 bakteriologische Untersuchungen von aus Endotrachealtuben und Trachealkanülen gewonnenen Sekreten durchgeführt. Davon waren neun Kulturen steril, während 60 mal (87 %) ein Erregernachweis gelang. In 39 Fällen (57 %) handelte es sich um *Pseudomonas aeruginosa*, 14 mal (20 %) waren es Klebsiellen, 13 mal (19 %) Streptokokken, 13 mal (19 %) *Escherichia coli*, 9 mal (13 %) *Proteus mirabilis*, 5 mal (7 %) *Haemophilus*. Der Rest verteilt sich auf sechs weitere Keime.

4. Interpretation der Einzelbeispiele

(1) Patient Sch.P. (9/70) (Abb. 1)

Beatmung wegen Ateminsuffizienz im Gefolge einer Aspirationspneumonie und Staphylokokkensepsis. Das Kind wog zu Beginn der Beatmung 3900 g bei einem Lebensalter von 39 Tagen. Nach 32 Tagen maschineller Beatmung verstarb es.

Die Verlaufskurven von pH und $p\text{CO}_2$ zeigen deutliche Schwankungen, insbesondere klettert der Kohlendäurepartialdruck maximal bis auf 100 Torr. Durch Veränderung der maschinellen Beatmung konnte die Kurve wieder in den Normbereich gesenkt werden. Eine respiratorische Azidose trat nicht auf. Die Pulskurve demonstriert eine mäßige Tachykardie, während die Atemkurve die am Respirator gewählte Atemfrequenz widerspiegelt.

Auffällig ist der Verlauf der Kurve des eingestellten Maschinendruckes: Mit zunehmender Beatmungsdauer mußte der Druck für eine adäquate Beatmung ständig erhöht werden, bis zuletzt ein Druck von 32 cm H₂O erreicht wurde. Im Beobachtungszeitraum kam es zu einem Anstieg der Gewichtskurve um 200 g.

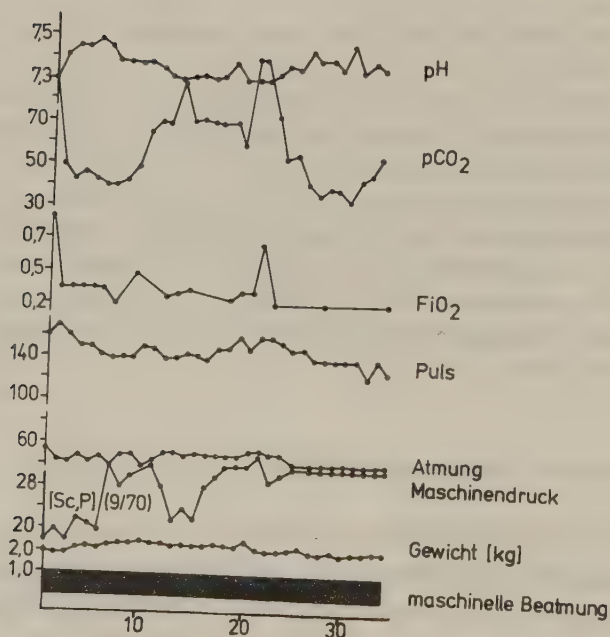


Abb. 1 (Sch.P., 9/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 39 Tage alten Jungen.
 Diagnosen: Sekundärer Cerebralschaden, Pneumonie, Sepsis.
 Beobachtungszeitraum: 32 Tage (Abszisse)

(2) Patient Loi.C. (11/70) (Abb. 2)

Ateminsuffizienz nach Operation eines offenen Ductus arteriosus Botalli bei Ventrikelseptumdefekt und Aortenisthmusstenose. Das Kind wog zu Beginn der Beatmung 3660 g und war 50 Tage alt. Nach 20 Tagen maschineller Beatmung verstarb es. Die Verlaufskurve des $p\text{CO}_2$ weist erhebliche Schwankungen auf mit einem Maximum von 107 Torr, während die pH-Kurve bis praefinal zwischen 7.3 und 7.4 verläuft. Das Kind mußte meist mit O_2 -Konzentrationen (FiO_2) zwischen 40 und 70 % beatmet werden. Puls- und Atemfrequenz bewegen sich im oberen Bereich, der Maschinendruck zwischen 16 und 20 cm H_2O . Im Beobachtungszeitraum kam es zu einer Abnahme des Gewichtes um 300 g.

(3) Patient Lol.H. (8/70) (Abb. 3)

Ateminsuffizienz nach Bündelungsoperation der Arteria pulmonalis bei Ventrikelseptumdefekt. Postoperativ entwickelte sich eine hämorrhagische Diathese und eine hämorrhagische Pneumonie. Zu Beginn der Beatmung wog das Kind 2400 g und war 26 Tage alt, am Ende 2500 g. Nach zehn Tagen maschineller Beatmung starb der Junge.

Die Verlaufskurven von pH und $p\text{CO}_2$ spiegeln die suffiziente Beatmung: Anstieg des pH-Wertes von 7.14 auf 7.40 und Abfall des $p\text{CO}_2$ von 105 auf 48 Torr. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration konnte von 88 auf 40 % gesenkt werden. Puls- und Atemfrequenz zeigen keine größeren Schwankungen. Ein Pulsmaximum von 150/min. fällt zusammen mit einem $p\text{CO}_2$ -Wert von 105 am zweiten Tag der maschinellen Beatmung. Der Maschinendruck des Respirators war mit 20 cm H_2O nur gering erhöht. Allerdings war nach versuchsweiser Reduzierung auf 16 cm H_2O am vierten Beatmungstag am folgenden Tag die kurzzeitige Erhöhung auf 25 cm H_2O erforderlich. Im Beobachtungszeitraum Gewichtszunahme um 100 g.

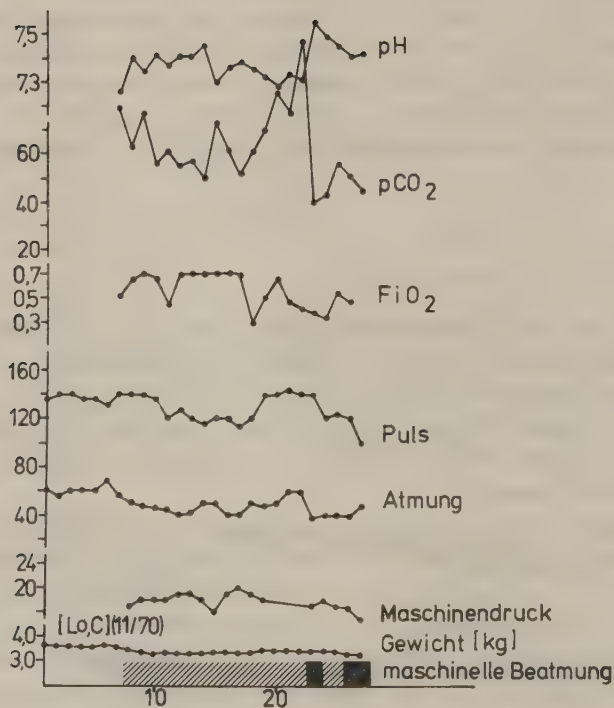


Abb. 2 (Loi.C., 11/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 50 Tage alten Jungen.
 Diagnosen: Offener Ductus arteriosus Botalli, Ventrikel-septumdefekt und Aortenisthmusstenose.
 Beobachtungszeitraum: 20 Tage (Abszisse)

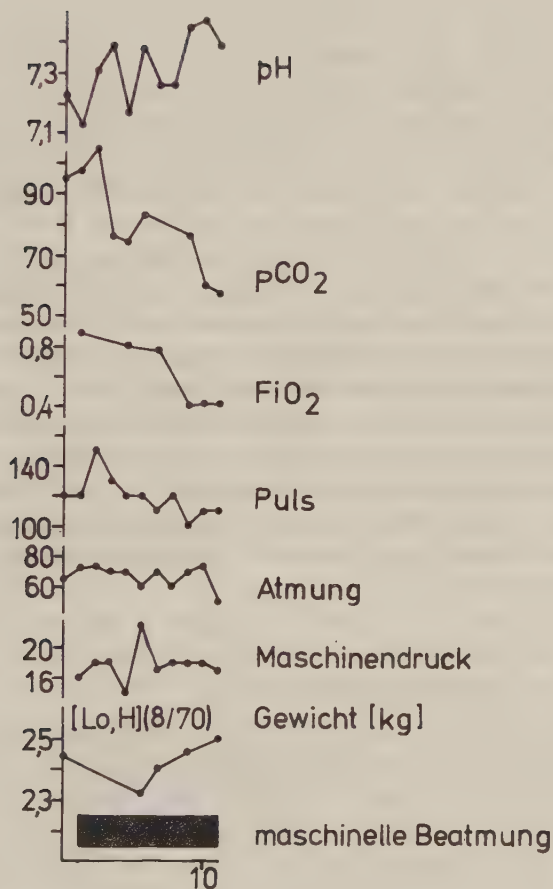


Abb. 3 (Lo1.H., 8/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 26 Tage alten Jungen.

Diagnosen: Ateminsuffizienz nach Bündelungsoperation der Arteria pulmonalis, hämorrhagische Diathese und hämorrhagische Pneumonie.

Beobachtungszeitraum: 11 Tage (Abszisse)

(4) Patient Won.M. (5/71) (Abb. 4)

Beatmung wegen pulmonaler Insuffizienz bei Fibroelastose des Endokards. Zu Beginn der Beatmung war das Kind fünf Tage alt und wog 2720 g. Nach acht Tagen maschineller Beatmung starb der Junge, Gewicht 2800 g.

Die pH-Kurve steigt bei Spontanatmung von 7.2 am Aufnahmetag auf 7.3 in den folgenden Tagen an. Am ersten und zweiten Tag der maschinellen Beatmung erneutes Absinken bis auf einen pH-Wert von 7.16, dann aber Anstieg bis auf 7.44. Zuletzt nochmaliger Abfall auf 7.26. Die Kurve des $p\text{CO}_2$ steigt von anfänglich 54 bis auf einen Wert von 75 Torr am ersten Beatmungstag an. Unter Beatmung Absinken bis 48 Torr $p\text{CO}_2$. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration betrug bei Spontanatmung 45 %. Bei der Respiratortherapie konnte sie nicht unter 70 % gesenkt werden. Die Pulskurve zeigt deutliche Schwankungen bei Werten zwischen 170 und 120/min. Die Atemfrequenz lag bei Spontanatmung um 90/min, bei maschineller Beatmung betrug sie um 50/min. Der Maschinendruck war zunächst auf 30 cm H_2O eingestellt, konnte dann bis auf 26 cm reduziert werden. Präfinal war dann ein Druck bis 32 cm H_2O erforderlich. Das Körpergewicht stieg im Behandlungszeitraum von 2720 auf 2800 g an

(5) Patient And.B. (15/70) (Abb. 5)

Die Beatmung war wegen Ateminsuffizienz nach Bändelungsoperation der Arteria pulmonalis bei Ventrikelseptumdefekt und offenem Ductus arteriosus Botalli erforderlich. Komplizierend kam es noch zu einer eitrigen Bronchopneumonie. Bei Beatmungsbeginn wog das Mädchen 3300 g und war 68 Tage alt. Nach 16-tägiger maschineller Beatmung starb das Kind mit 3270 g.

Die pH-Kurve bewegt sich anfänglich zwischen 7.26 und 7.4. Präfinal nochmaliger Anstieg auf 7.48, dann aber Abfall auf 7.01. Die $p\text{CO}_2$ -Werte fallen von anfänglich 80 bei Spontanatmung unter maschineller Beatmung zunächst auf 60 Torr ab,

um dann jedoch wieder auf 105 und präfinal auf 110 Torr anzusteigen. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration lag sowohl bei Spontanatmung als auch bei maschineller Beatmung um 50 %. Im Beobachtungszeitraum Pulsanstieg von 120 bzw. 100/min. auf maximal 140/min. Weitgehend gleichmäßiger Verlauf der Atemfrequenzkurve zwischen 50 und 60/min. Der Maschinendruck konnte während der Beatmung von 28 schrittweise auf 20 cm H₂O gesenkt werden, mußte dann aber präfinal auf 30 erhöht werden. Geringer Anstieg der Gewichtskurve von 2720 auf 2800 g.

(6) Patient Neb.R. (12/71) (Abb. 6)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz bei Zustand nach Bündelungsoperation wegen Ventrikelseptumdefekt. Es bestand eine pulmonale Hypertonie. Bei Beatmungsbeginn wog der Junge 3900 g und war 53 Tage alt. Das Kind mußte 83 Tage beatmet werden, konnte am 93. Tag extubiert und am 214. Lebenstag aus der stationären Behandlung entlassen werden. Zu diesem Zeitpunkt wog es 4660 g.

Insgesamt zeigen die dargestellten Kurven keine sehr großen Schwankungen. Von einigen Punkten abgesehen, bewegen sich die pH-Werte zwischen 7.3 und 7.4 und die pCO₂-Werte liegen meist zwischen 40 und 50 Torr. Das Kind benötigte durchwegs inspiratorische Sauerstoffkonzentrationen um 40 %. Vom 50. bis 53. Tag der Beatmung wurde sie auf 65 % erhöht, wobei gleichzeitig der Maschinendruck von 16 auf 10 cm H₂O gesenkt wurde. Die Pulskurve steigt von Werten zwischen 100 und 120/min. an auf 120 bis 140/min. Die Kurve der Atemwerte pendelt zwischen 40 und 60/min. Anfänglich mußte der Maschinendruck bis auf 34 cm H₂O gesteigert werden. Er konnte dann aber kontinuierlich bis auf 10 bis 14 cm H₂O in den Normbereich gesenkt werden. Anstieg der Gewichtskurve von 3900 g auf 4660 g.

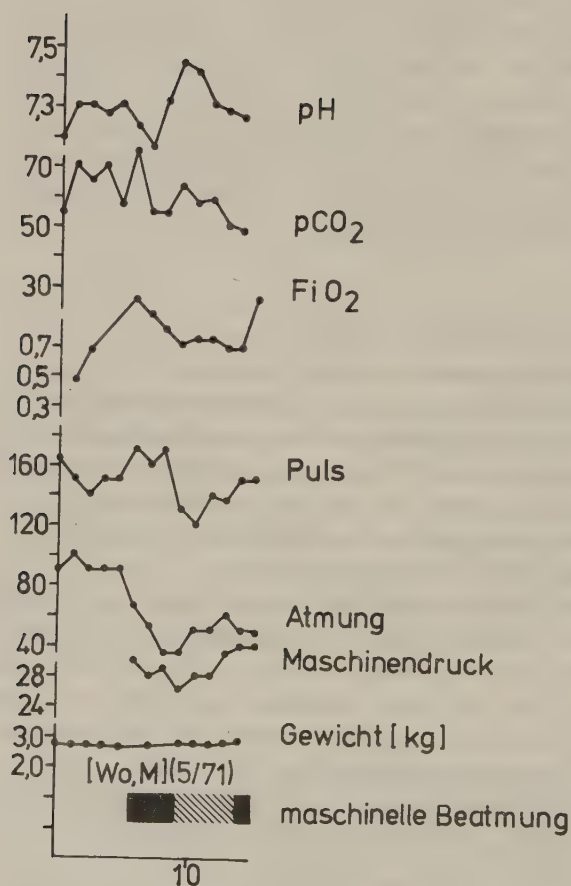


Abb. 4 (Won.M., 5/71)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines fünf Tage alten Jungen.
Diagnose: Pulmonale Insuffizienz bei Fibroelastose des Endokards.

Beobachtungszeitraum: 14 Tage (Abszisse)

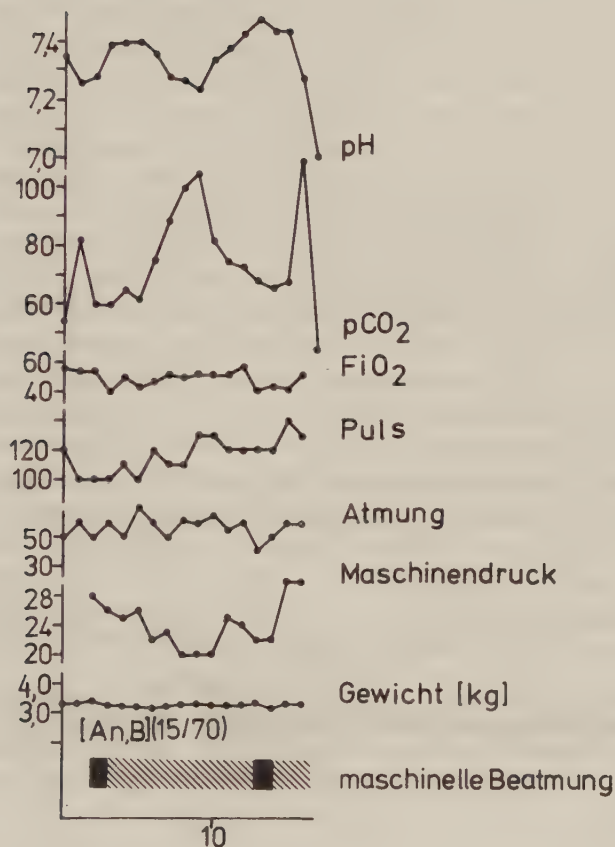


Abb. 5 (And.B., 15/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 68 Tage alten Mädchens.
 Diagnose: Ateminsuffizienz nach Bändelungsoperation der Arteria pulmonalis bei Ventrikelseptumdefekt, offener Ductus arteriosus Botalli.
 Beobachtungszeitraum: 16 Tage (Abszisse)

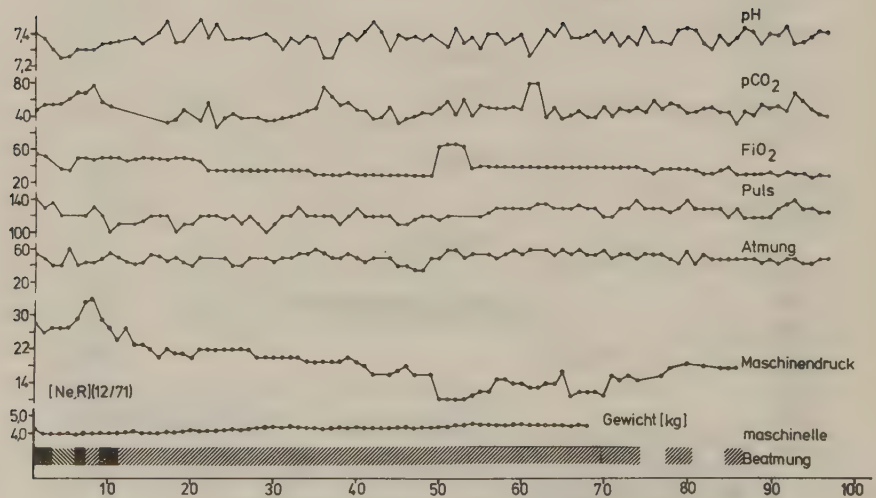


Abb. 6 (Neb.R., 12/71)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 53 Tage alten Jungen.

Diagnosen: Ateminsuffizienz bei Zustand nach Bändelungsoperation der Arteria pulmonalis wegen Ventrikelseptumdefekt, pulmonale Hypertonie.

Beobachtungszeitraum: 98 Tage (Abszisse)

(7) Patient Ger.F. (18/70) (Abb. 7)

Maschinelle Beatmung wegen Ventrikelseptumdefekt und offenem Ductus arteriosus Botalli mit pulmonaler Insuffizienz. Bei Behandlungsbeginn wog der Junge 4100 g und war 176 Tage alt. Nach 64-tägiger maschineller Beatmung starb das Kind an einer Bronchopneumonie. Es wog 4750 g.

Die dargestellten Kurven zeigen teilweise erhebliche Schwankungen. Die pH-Werte pendelten sich nach anfänglichen Schwankungen um 7.3 auf Werte um 7.4 ein. Am 36. und 40. Tag der Beatmung werden Extremwerte von 7.58 und 7.2 erfaßt. Ähnlich ist der Verlauf nochmals wenige Tage präfinal. Die $p\text{CO}_2$ -Werte sind anfangs auffallend hoch. Sie liegen zwischen 54 und 88 Torr. Diese deutlichen Schwankungen werden im zweiten Drittel der Beatmungsperiode geringer, um dann am Ende wieder stärker in Erscheinung zu treten. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration lag anfangs zwischen 50 und 60 und mußte nach einem Versuch mit 30 % sogar auf 80 % erhöht werden. Dann konnte das Kind über einen längeren Zeitabschnitt sogar mit Raumluft beatmet werden. Am Schluß waren wieder 30 % O_2 notwendig. Von anfänglichen Pulswerten zwischen 110 und 120 abgesehen, bewegt sich diese Kurve durchwegs zwischen 120 und 140 Pulsschlägen pro Minute. Die Atemfrequenz, also die Beatmungsfrequenz des Respirators, lag zwischen 24 und 40/min. Der anfänglich hohe Maschinendruck von 28 cm H_2O konnte erniedrigt werden bis auf Werte um 18 cm H_2O . Anstieg der Gewichtskurve von 4100 g auf 4750 g! Am 29. Tag der Beatmung lag das Körpergewicht kurzzeitig bei 3600 g.

(8) Patient Seib.P. (21/70) (Abb. 8)

Maschinelle Beatmung wegen spinaler Muskeldystrophie (Morbus Werdnig-Hoffmann) mit zunehmender Ateminsuffizienz. Bei Behandlungsbeginn war das Kind 15 Monate alt und wog 5790 g. Nach 12 Tagen maschineller Beatmung verstarb das Mädchen. Es wog 7100 g.

Die Verlaufskurve der pH-Werte bewegt sich meist zwischen 7.4 und 7.45. Präfinal kommt es zu einem Anstieg bis auf 7.52, mitbedingt durch einen hohen Maschinendruck. Die $p\text{CO}_2$ -Werte steigen stetig an von 33 auf 72 Torr. Zuletzt sinkt der Wert bis auf 51 Torr. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration betrug zunächst zwischen 30 und 50 % und am Schluß 90 %. Die Pulscurve schwankt zwischen 140 und 180/min, die Atemfrequenz zwischen 40 und 60, mit einer Spitze von 70/min. am vorletzten Tag. Zunächst konnte mit einem Maschinendruck von 20 cm H_2O das Kind ausreichend beatmet werden. Vom achten Tag an mußte der Druck täglich erhöht werden, bis zu einem Maximum von 36 cm H_2O am letzten Tag. Die Gewichtskurve fällt auf durch einen Anstieg um 1310 g in 12 Tagen.

(9) Patient Jur.G. (22/70) (Abb. 9)

Maschinelle Beatmung wegen einer Ateminsuffizienz im Gefolge eines Herz- und Atemstillstandes bei akuter Epiglottitis. Bei Behandlungsbeginn war der Junge vier Jahre alt und wog 13 kg. Nach sechstägiger maschineller Beatmung starb das Kind.

Die pH-Werte bewegten sich zwischen 7.32 und 7.49. Die $p\text{CO}_2$ -Werte stiegen vom zweiten zum dritten Tag an von 18 auf 50 Torr, um dann wieder auf Werte zwischen 30 und 37 Torr zu sinken. Nach anfänglichem Anstieg der Pulscurve von 130 auf 150/min. sinken die Werte zuletzt bis auf 100/min. ab. Der Maschinendruck lag zwischen 30 und 34 cm H_2O und die Gewichtskurve zeigt einen auffälligen Anstieg von 13 kg auf 14.5 kg vom ersten bis zum dritten Tag.

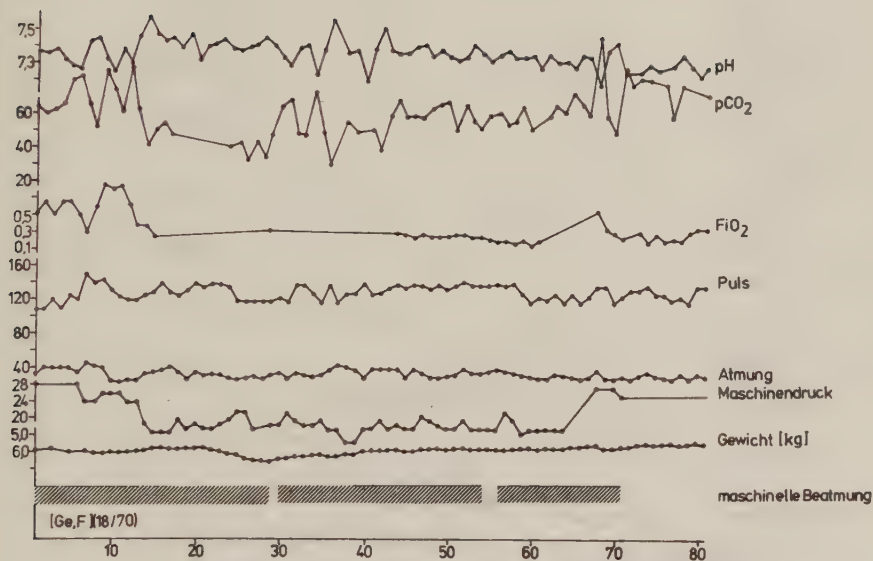


Abb. 7 (Ger.F., 18/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 176 Tage alten Jungen.
 Diagnose: Pulmonale Insuffizienz bei Ventrikelseptumdefekt und offenem Ductus arteriosus Botalli.
 Beobachtungszeitraum: 64 Tage (Abszisse)

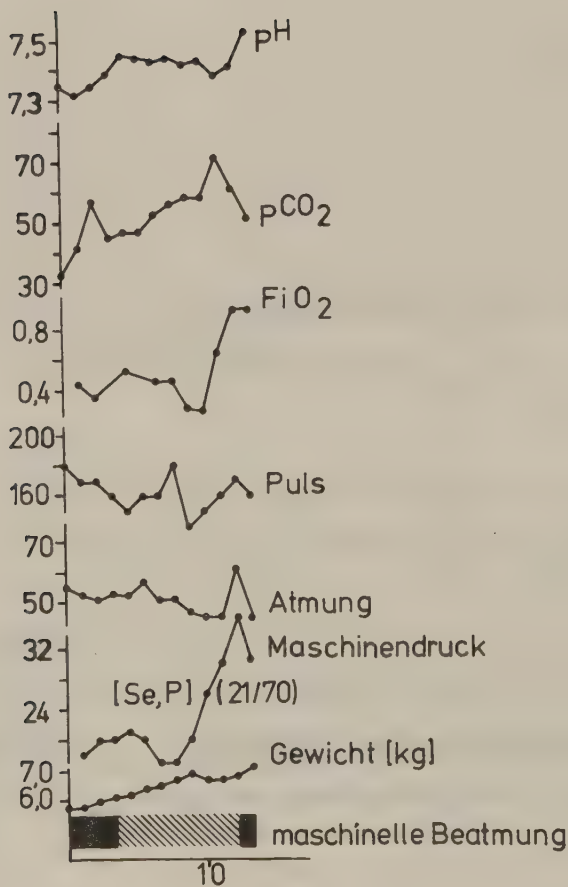


Abb. 8 (Seib.P., 21/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 15 Monate alten Mädchens.
 Diagnose: Zunehmende Ateminsuffizienz bei spinaler Muskeldystrophie (Morbus Werdnig-Hoffmann).
 Beobachtungszeitraum: 12 Tage (Abszisse)

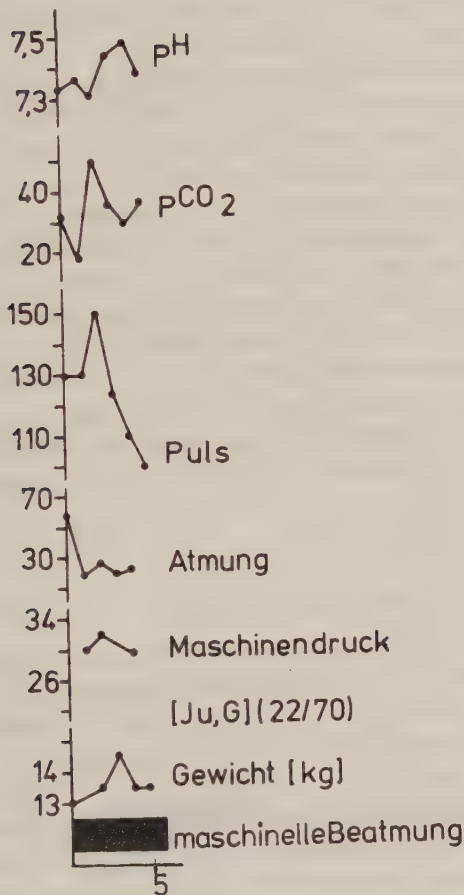


Abb. 9 (Jur.G., 22/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines vier Jahre alten Jungen.
 Diagnose: Ateminsuffizienz nach Herz-Atemstillstand bei akuter Epiglottitis.
 Beobachtungszeitraum: sechs Tage (Abszisse)

(10) Patient Ill.P. (14/69) (Abb. 10)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz als Folge eines komplizierten angeborenen Herzfehlers. Zu Beginn war das Kind 67 Tage alt und wog 3000 g. Nach elf Tagen maschineller Beatmung starb der Junge. Er wog 3950 g.

Die pH-Werte lagen zunächst zwischen 7.3 und 7.4. Am elften Tag respiratorische Azidose mit pH 7.10 bei gleichzeitigem $p\text{CO}_2$ -Anstieg auf 100 Torr. Durch Erhöhung des Beatmungsvolumens können die beiden Parameter nochmals kurz verbessert werden. Die Kurve der $p\text{CO}_2$ -Werte weist erhebliche Schwankungen auf. Von einem Ausgangswert 50 Torr am siebten Tag Anstieg auf 75 Torr und Abfall auf 30 Torr am zehnten Tag und wieder Anstieg auf 100 Torr am elften Tag, dann wieder Abfall bis auf 20 Torr. Die Pulscurve schwankt zwischen 120 und 160/min. Die Atemfrequenz lag bei 50/min. Das Beatmungsvolumen des Respirators bewegt sich meist zwischen 900 und 1000 ml/min. Nur am 12. Tag war ein Maximum von 1500 ml erforderlich. Die Gewichtszunahme im Behandlungszeitraum betrug 950 g.

(11) Patient Pro.M. (23/70) (Abb. 11)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz nach Atemstillstand bei schwerem Polytrauma. Bei Beatmungsbeginn war das Mädchen 7 3/4 Jahre alt und 25 kg schwer. Nach 21 Tagen maschineller Beatmung starb das Kind. Es wog 24.5 kg.

Die pH-Werte bewegen sich meist zwischen 7.3 und 7.45, ohne größere Schwankungen. Dagegen schwanken die $p\text{CO}_2$ -Werte von 30 Torr am zweiten und neunten Tag und 75 Torr am sechsten Tag. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration lag zu Beginn bei 80 %. Vom sechsten Tag an wurde mit Raumluft beatmet. Die Pulscurve schwankt erheblich zwischen einem Maximum von 170/min. am vierten Tag und 70/min. am 19. Tag. Die Atemfrequenz lag bei 30/min., wenn man von anfänglichen Werten zwischen 50 und 70 absieht. Der Maschinendruck mußte langsam erhöht werden von 22 cm H_2O auf Werte zwischen 26 und 30 cm H_2O . Die Gewichtskurve schwankte mehrmals zwischen 24 und 26 kg.

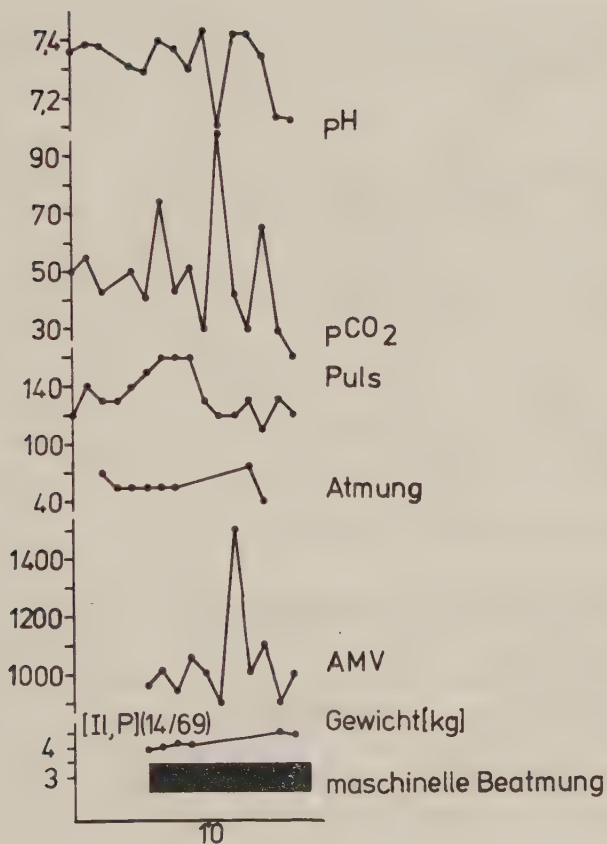


Abb. 10 (Ill.P., 14/69)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 67 Tage alten Jungen.

Diagnose: Ateminsuffizienz bei angeborenem kompliziertem Herzvitium.

Beobachtungszeitraum: 20 Tage (Abszisse)

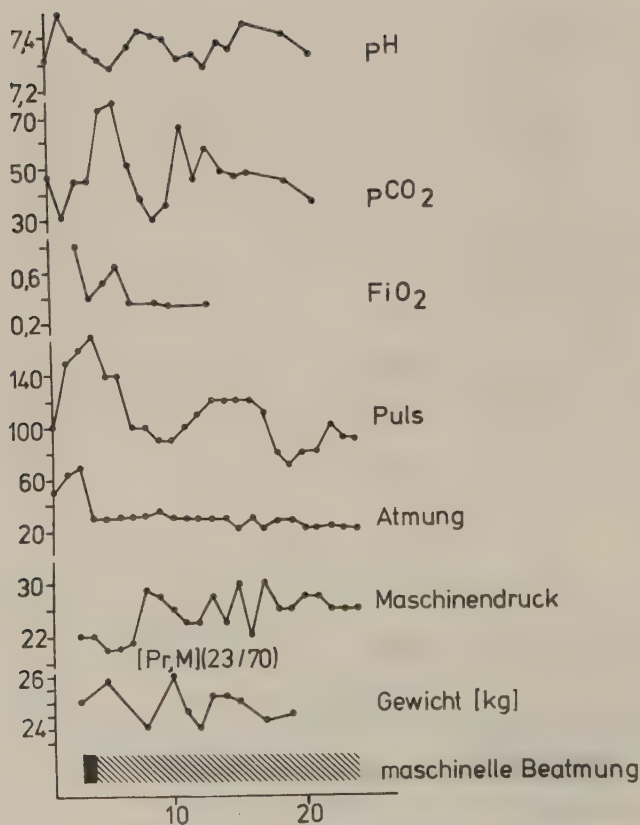


Abb. 11 (Pro.M., 23/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 7 3/4 Jahre alten Mädchens.
 Diagnose: Ateminsuffizienz nach Atemstillstand nach schwerem Polytrauma.
 Beobachtungszeitraum: 21 Tage (Abszisse)

(12) Patient Für.M. (6/70) (Abb. 12)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz nach Bänderungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt, offenem Ductus arteriosus Botalli und Aortenisthmusstenose. Zu Beginn war der Junge zehn Tage alt und wog 4200 g. Nach 32 Tagen maschineller Beatmung starb das Kind. Es wog 4720 g.

Die pH-Werte schwankten nur gering und lagen meist zwischen 7.3 und 7.45. Demgegenüber waren die Schwankungen der $p\text{CO}_2$ -Werte mehr ausgeprägt. Sie lagen zunächst zwischen 35 und 70 Torr. In der zweiten Hälfte des Beobachtungszeitraums kam es zu einem kontinuierlichen Anstieg bis auf Werte um 90 Torr. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration lag um 30 %. Die Pulsschwankungen waren nur gering und lagen meist bei 120/min. Auch die Atemfrequenz bewegte sich ohne größere Schwankungen und lag meist um 60/min. Der Maschinendruck war anfänglich kurz bis 36 cm H_2O erhöht und konnte dann schrittweise bis auf 18 cm H_2O reduziert werden. Die letzten Tage atmete das Kind spontan. Es starb an therapieresistenten Herzrhythmusstörungen.

(13) Patient Bil.M. (7/70) (Abb. 13)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz nach Bänderungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt, Aortenisthmusstenose, offenem Ductus arteriosus Botalli und pulmonaler Hypertonie. Bei Beatmungsbeginn war das Mädchen 21 Tage alt und wog 3000 g. Nach 45 Tagen maschineller Beatmung starb es mit einem Gewicht von 3600 g.

Die pH-Werte bewegten sich meist zwischen 7.3 und 7.45. Nur am 34. Tag erkennt man einen Abfall auf pH 7.24 bei gleichzeitiger Hyperkapnie mit einem $p\text{CO}_2$ -Wert von 95 Torr. Die $p\text{CO}_2$ -Kurve zeigt insgesamt eine steigende Tendenz. Zu Beginn folgt auf einen Wert von 30 Torr ein maximaler Wert von 85 Torr. Das Gros der folgenden Werte liegt zwischen 55 und 85 Torr. Final dekompenziert das Kind und einem $p\text{CO}_2$ -Wert von 97 Torr entspricht ein pH-Wert von 7.16.

Die Kurve der inspiratorischen Sauerstoffkonzentration bewegt sich um 60 %. Die Pulswerte liegen zwischen 120 und 140/min. Die Schwankungen sind gering. Dies gilt auch für die Atmung. Ihre Werte bewegen sich um 60/min. Der Maschinendruck mußte anfangs auf 30 cm H₂O erhöht werden, lag dann bei 18 cm H₂O und zuletzt der Verschlechterung entsprechend wieder bei 24 cm H₂O. Die Gewichtskurve steigt von 3000 auf 3600 g an.

(14) Patient Hör.K. (10/71) (Abb. 14)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz nach Verschuß eines Ductus arteriosus Botalli, Bändelung der Pulmonalarterie bei Ventrikelseptumdefekt sowie Resektion einer Aortenisthmusstenose. Bei Beatmungsbeginn war der Junge 47 Tage alt und wog 4240 g.

Spontanatmung nach 43 Tagen maschineller Beatmung und dann komplikationsloser Verlauf. Am Ende der Beatmung wog das Kind 4660 g.

Normaler Verlauf der pH-Werte zwischen 7.3 und 7.4. Demgegenüber schwankt der pCO₂ zunächst zwischen 40 und 86 Torr. Im weiteren Verlauf beruhigt sich die Kurve und die Werte liegen bei 55 Torr. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration konnte stufenweise bis auf 30 % reduziert werden. Nur zu Beginn mußte kurzzeitig die Konzentration bis 80 % erhöht werden. Puls- und Atemfrequenz verlaufen ohne größere Schwankungen: Die Pulswerte liegen zwischen 110 und 130/min., die Atemfrequenz zwischen 40 und 50/min. Entsprechend der Besserung der Atemstörung konnte der Maschinendruck von anfänglich 27 cm H₂O reduziert werden auf 18 cm H₂O. Die Gewichtskurve steigt gering um 420 g auf 4660 g an.

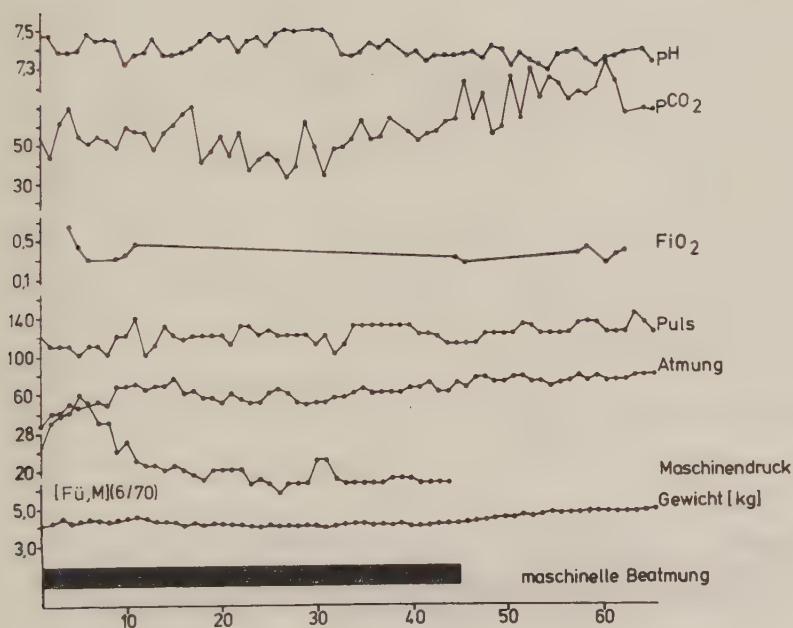


Abb. 12 (Für.M., 6/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines zehn Tage alten Jungen.
 Diagnose: Ateminsuffizienz nach Bändelungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt.
 Beobachtungszeitraum: 65 Tage (Abszisse)

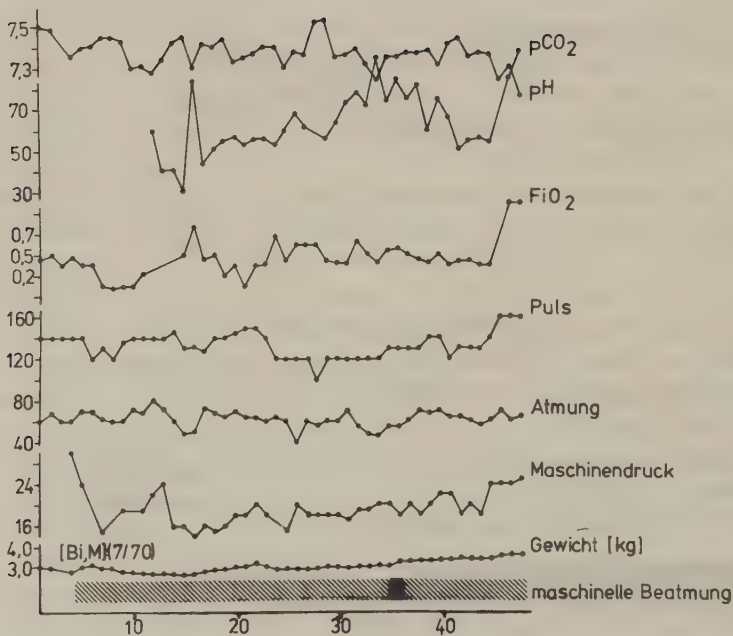


Abb. 13 (Bil.M., 7/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 21 Tage alten Mädchens.
 Diagnosen: Ateminsuffizienz nach Bändelungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt, Aortenisthmusstenose, offener Ductus arteriosus Botalli, pulmonale Hypertonie.
 Beobachtungszeitraum: 50 Tage (Abszisse)

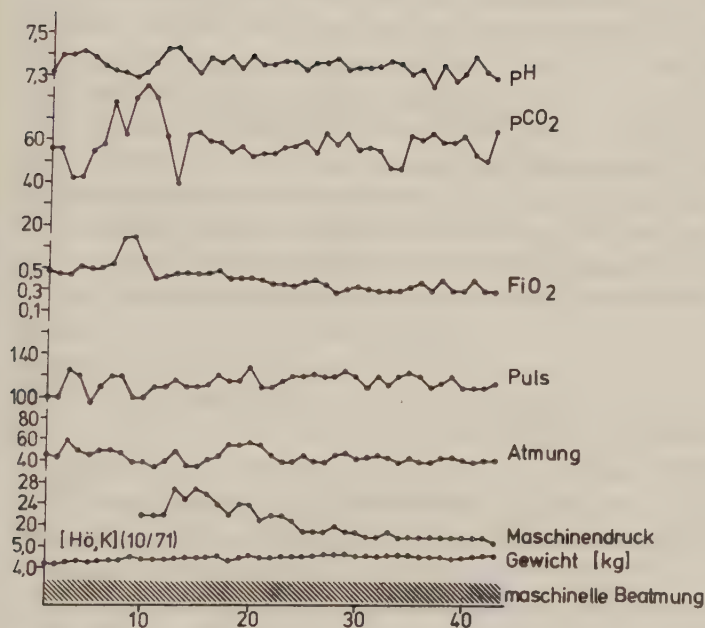


Abb. 14 (Hör.K., 10/71)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 47 Tage alten Jungen.
 Diagnosen: Ateminsuffizienz nach Verschluß eines offenen Ductus arteriosus Botalli, Bündelungsoperation der Pulmonalarterie bei Ventrikelseptumdefekt sowie Resektion einer Aortenisthmusstenose.
 Beobachtungszeitraum: 43 Tage (Abszisse)

(15) Patient Mey.C. (17/71) (Abb. 15)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz bei Transposition der großen Gefäße und offenem Ductus arteriosus Botalli. Bei Beatmungsbeginn war der Junge 124 Tage alt und wog 4550 g. Nach 42 Tagen maschineller Beatmung war die Atmung stabil und der weitere Verlauf komplikationslos. Am Ende der Beatmung wog das Kind 4710 g.

Die dargestellten Kurven zeigen hier insgesamt einen ruhigen Verlauf. Die pH-Werte bewegen sich zwischen 7.3 und 7.4. Die $p\text{CO}_2$ -Werte schwanken um 60 Torr mit einem Minimum von 35 Torr und einem Maximum von 105 Torr. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration mußte am Anfang und am Ende der Beatmung auf 80 % erhöht werden und lag dazwischen bei 40 %. Die Pulswerte liegen zwischen 140 und 160, die Atmung anfänglich bei 80 und dann zwischen 40 und 60/min. Der Maschinendruck bewegte sich zunächst bei 26 cm H_2O und wurde später erhöht auf 34 cm H_2O . Die Gewichtskurve stieg in der Zeit um 160 g auf 4710 g an. Bei diesem Kind wurde zusätzlich die tägliche Gewichtsänderung dargestellt. Sie zeigt teilweise erhebliche Schwankungen von einem zum anderen Tag.

(16) Patient Kra.J. (13/70) (Abb. 16)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz nach Bündelungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt mit pulmonaler Hypertonie. Bei Beatmungsbeginn war der Junge 53 Tage alt und wog 3680 g. Nach 198 Tagen maschineller Beatmung starb das Kind an einer Pneumonie bei Respiratorlunge, Gewicht 6210 g. Meist verläuft die Kurve der pH-Werte zwischen 7.3 und 7.4. Eingestreut sind vier Phasen mit Azidosen bis zu einem pH-Wert von 7.15. Begleitet werden diese Episoden von $p\text{CO}_2$ -Anstiegen. Die $p\text{CO}_2$ -Werte zeigen einen unruhigen Kurvenverlauf: CO_2 Retentionen mit Werten um 90 Torr fallen rasch auf Normwerte ab und sind dann sofort wieder pathologisch erhöht. Das Gros der Werte bewegt sich zwischen 50 und 70 Torr. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration lag an-

fangs bei 70 % und dann über eine längere Phase zwischen 40 und 45 %. Im letzten Viertel der maschinellen Beatmung wurde eine Erhöhung bis 90 % erforderlich. Die Pulswerte bewegen sich meist zwischen 120 und 140/min. Kurzzeitig findet sich ein Abfall auf 95 und ein Anstieg auf 170/min. Die Beatmungsfrequenz lag meist unverändert um 40/min. In Übereinstimmung mit den ausgeprägten Schwankungen der $p\text{CO}_2$ -Kurve ändern sich die Werte des Maschinendrucks häufig: Sie bewegen sich zwischen 18 und 28 cm H_2O . Während der 198 tägigen Beatmung kommt es insbesondere im letzten Drittel zu einem deutlichen Anstieg der Gewichtskurve um insgesamt 2530 g.

(17) Patient Mös.E. (19/71) . (Abb. 17)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz nach operativem Verschluß des Ductus arteriosus Botalli und Resektion einer Aortenisthmusstenose. Bei Beatmungsbeginn war der Junge sieben Monate alt und wog 6500 g. Nach 71 Tagen maschineller Beatmung Spontanatmung mit komplikationslosem weiteren Verlauf, Gewicht 6600 g.

Insgesamt ruhiger Verlauf der dargestellten Parameter. Die pH-Werte bewegen sich meist um 7.4, mit einem Maximum von 7.5 und einem Minimum von 7.3. Die $p\text{CO}_2$ -Werte bewegen sich vorwiegend zwischen 40 und 50 Torr. Im Verlauf der ersten Hälfte kommt es an zwei Tagen zu $p\text{CO}_2$ -Spitzen, die bei 80 Torr liegen. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration konnte von anfänglich 80 % schrittweise auf Werte um 30 % reduziert werden. Die Pulskurve liegt zwischen 120 und 140/min. Die Beatmungsfrequenz liegt zwischen 40 und 60 Torr. Der Maschinendruck konnte von anfänglich 26 cm H_2O auf 18 cm H_2O gesenkt werden. Das Körpergewicht erhöhte sich während der Beatmung um nur 100 g.

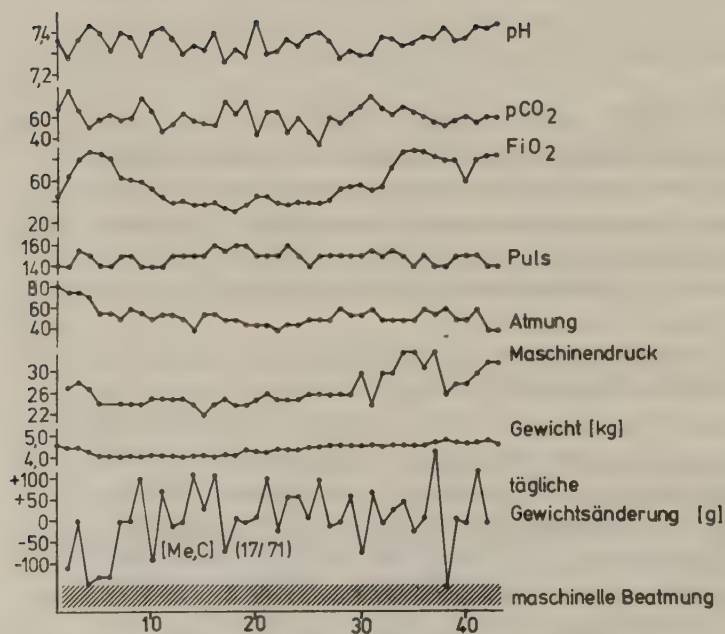


Abb. 15 (Mey.C., 17/71)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 124 Tage alten Jungen.
 Diagnose: Ateminsuffizienz bei Transposition der großen Gefäße und offenem Ductus arteriosus Botalli.
 Beobachtungszeitraum: 42 Tage (Abszisse)

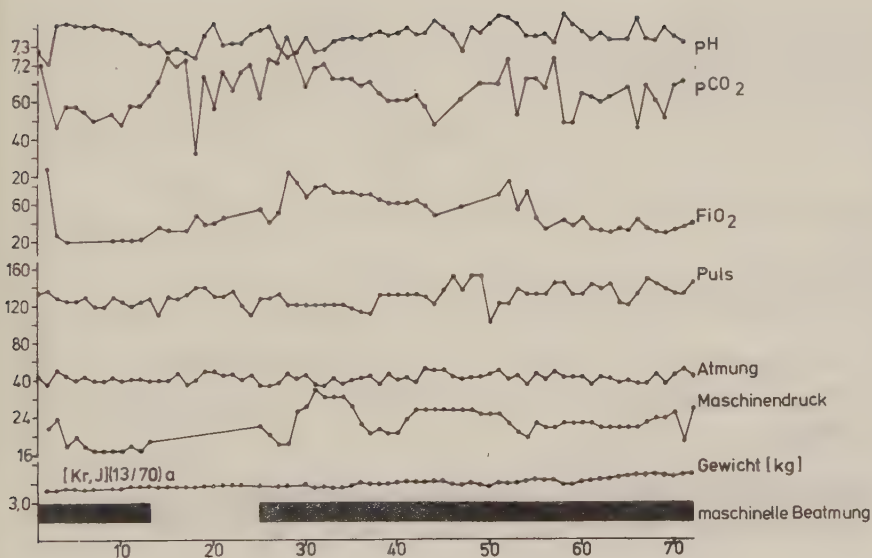


Abb. 16a (Kra.J., 13/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 53 Tage alten Jungen.

Diagnose: Ateminsuffizienz nach Bändelungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt mit pulmonaler Hypertonie.

Beobachtungszeitraum: 213 Tage, hier bis 71. Tag (Abszisse)

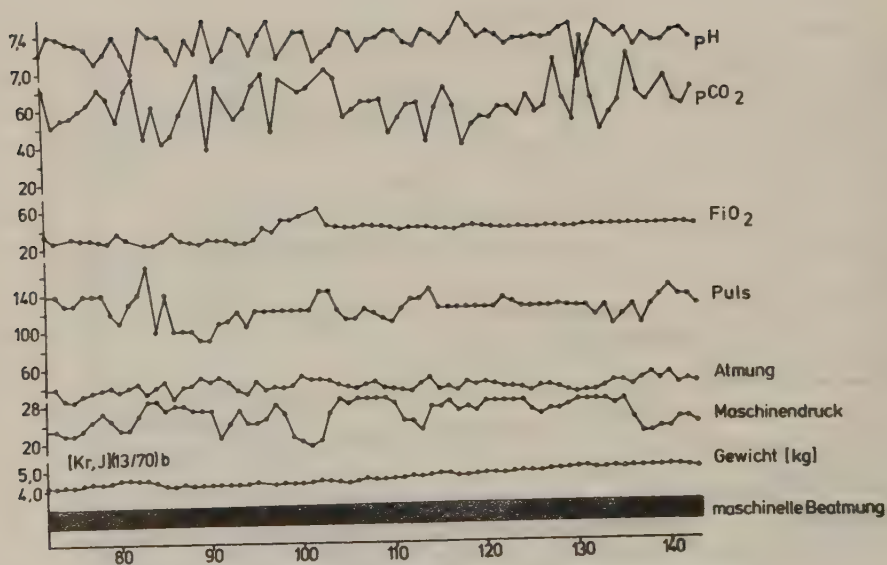


Abb. 16b (Kra.J., 13/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 53 Tage alten Jungen.
 Diagnose: Ateminsuffizienz nach Bänderungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt mit pulmonaler Hypertonie.
 Beobachtungszeitraum: 213 Tage, hier 72. bis 142. Tag
 (Abszisse)

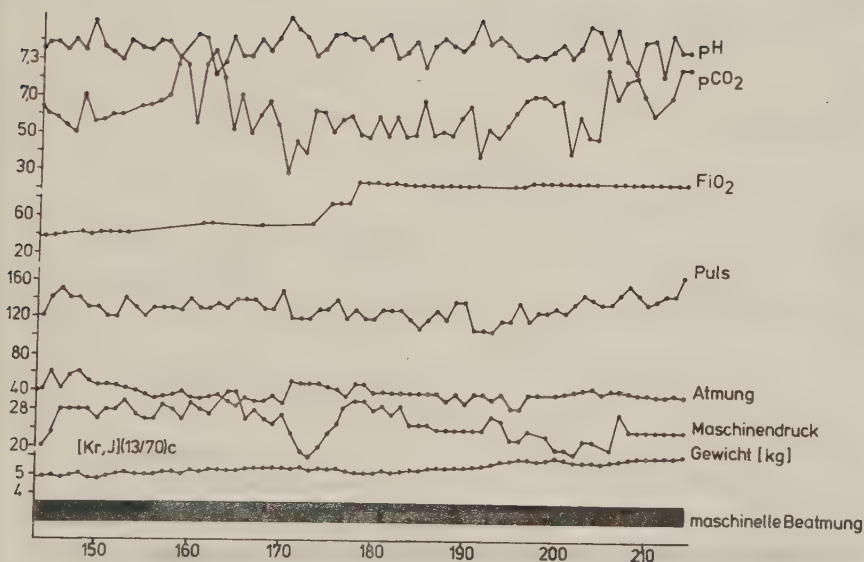


Abb. 16c (Kra.J., 13/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 53 Tage alten Jungen.

Diagnose: Ateminsuffizienz nach Bündelungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt mit pulmonaler Hypertonie.

Beobachtungszeitraum: 213 Tage, hier 143. bis 213. Tag
(Abszisse)

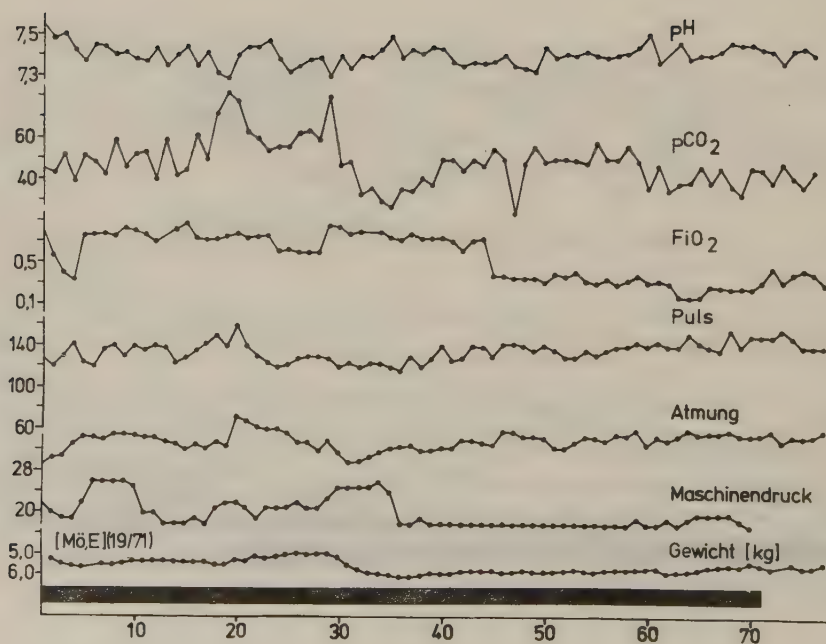


Abb. 17 (Mös.E., 19/71)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines sieben Monate alten Jungen.
 Diagnosen: Ductus arteriosus Botalli, Bündelungsoperation, operativer Verschluß des Ductus arteriosus Botalli und Resektion der Aortenisthmusstenose.
 Beobachtungszeitraum: 80 Tage (Abszisse)

(18) Patient Rab.R. (20/70) (Abb. 18)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz nach Operation bei Transposition der großen Gefäße und offenem Ductus arteriosus Botalli. Bei Beatmungsbeginn war der Junge acht Monate alt und wog 7130 g. Nach 20 Tagen maschineller Beatmung Spontanatmung und komplikationsloser weiterer Verlauf, Gewicht 7260 g.

Die pH- und $p\text{CO}_2$ -Werte waren während der Beatmung weitgehend kompensiert. Der pH-Wert lag meist um 7.4, der $p\text{CO}_2$ -Wert um 50 Torr. Nur zu Beginn der Spontanatmung kurze Hyperkapnie bis zu einem $p\text{CO}_2$ von 97 Torr. Regelmäßiger Verlauf der Pulskurve zwischen 100 und 120/min. Beatmungsfrequenz um 35/min., später dann bei Spontanatmung um 40/min. Die Maschinendruckwerte liegen zwischen 24 und 26 cm H_2O . Nur geringer Anstieg der Gewichtskurve um 130 g.

(19) Patient Ber.A. (3/71) (Abb. 19)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz nach Bändelungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt, Aortenisthmusstenose und offenem Ductus arteriosus Botalli. Bei Behandlungsbeginn war der Junge 24 Stunden alt. Die maschinelle Beatmung war über 48 Stunden notwendig, anschließend war das Kind noch 17 Tage lang nasotracheal intubiert. Aufnahmegewicht 2680 g, Gewicht nach der 19-tägigen Behandlung 3200 g. Von einer respiratorischen Dekompensation vom 13. bis 15. Behandlungstag abgesehen - Azidose bis zu einem pH-Wert von 7.22 und Hyperkapnie bis zu einem $p\text{CO}_2$ von 95 Torr - ruhige Verlauf der Kurven. Der pH-Wert lag stets bei 7.3, der $p\text{CO}_2$ -Wert pendelte bei Werten um 60 bis 70 Torr. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration betrug 50 %. Die Pulskurve schwankt zwischen 140 und 160/min., die Atemfrequenz zwischen 40 und 60 Atemzügen/min. Stetige Gewichtszunahme um 720 g bis zu einem Endgewicht von 3200 g.

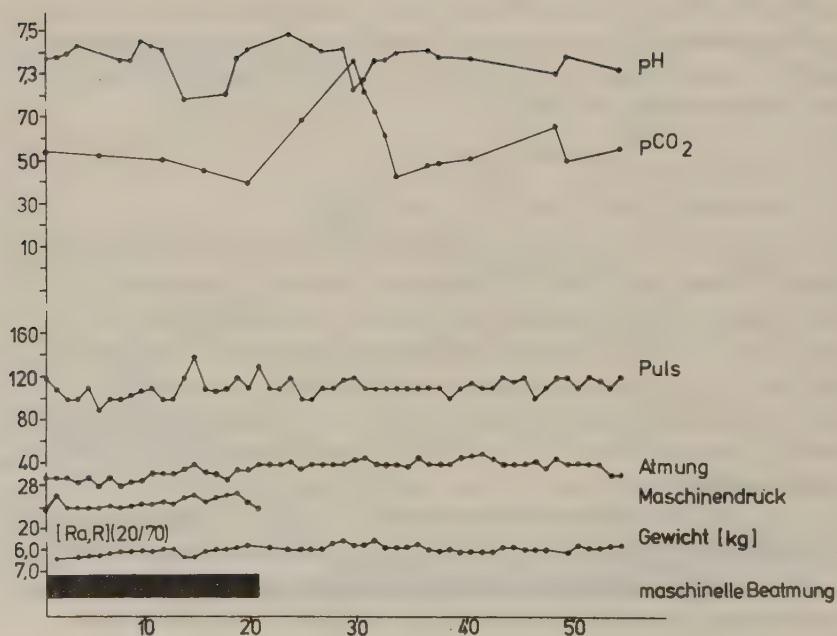


Abb. 18 (Rab.R., 20/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines acht Monate alten Jungen.
 Diagnose: Ateminsuffizienz nach Operation bei Transposition der großen Gefäße und offenem Ductus arteriosus Botalli.
 Beobachtungszeitraum: 55 Tage (Abszisse)

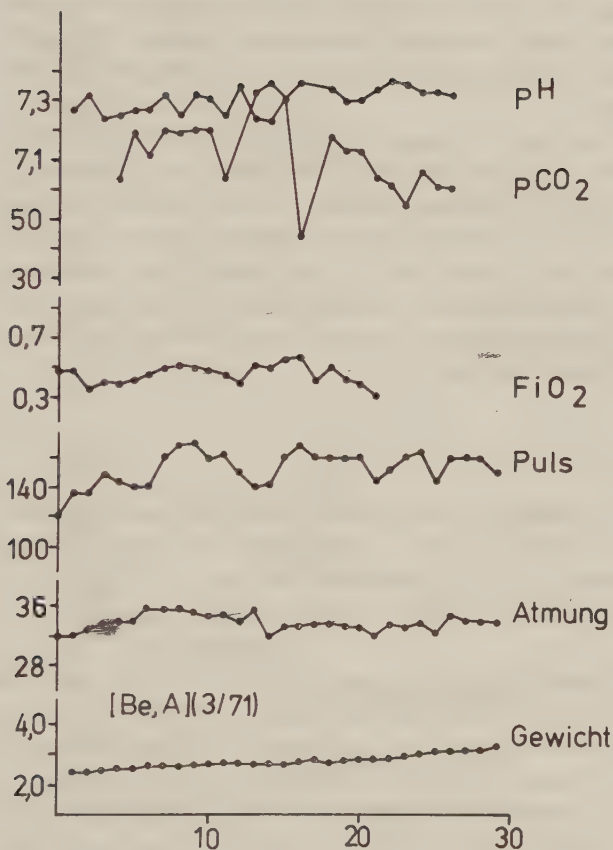


Abb. 19 (Ber.A., 3/71)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 24 Stunden alten Jungen.
 Diagnosen: Ateminsuffizienz nach Bänderungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt, Aortenisthmusstenose und offenem Ductus arteriosus Botalli.
 Beobachtungszeitraum: 30 Tage (Abszisse)

(20) Patient Sif.-mnl.- (4/69) (Abb. 20)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz bei angeborener Trachealstenose und Pneumonie. Bei Beatmungsbeginn war der Junge drei Tage alt und wog 2800 g. Nach 12-tägiger maschineller Beatmung starb das Kind, nachdem am achten Tag noch ein Pneumothorax behandelt werden mußte, Gewicht zu diesem Zeitpunkt 2960 g.

Die dargestellten Kurven zeigen auffallend hohe Schwankungen. Der pH-Wert pendelt zwischen 7.12 und 7.58, der $p\text{CO}_2$ zwischen 25 und 75 Torr. Die Pulskurve sinkt unter der Beatmung von 150 bis auf 110/min. Die Beatmungsfrequenz umfaßt ein weites Spektrum von 40 bis 95 pro Minute. Der Maschinendruck konnte erstaunlicherweise von 40 cm H_2O zu Beginn bis auf 22 cm H_2O am Ende gesenkt werden. Der Gewichtsanstieg unter der Beatmung betrug 160 g.

(21) Patient Sch.A. (24/70) (Abb. 21)

Maschinelle Beatmung zur Behandlung einer zentralen, durch einen Stammhirntumor bedingten, Atemstörung. Der Junge war bei Beatmungsbeginn 8 3/4 Jahre alt und wog 27.5 kg. Nach 36 Tagen maschineller Beatmung starb das Kind, Gewicht 23.8 kg.

Die dargestellten Parameter schwanken deutlich. Die pH-Werte bewegen sich zwischen 7.22 und 7.51. Der $p\text{CO}_2$ -Wert liegt zwischen 30 und 80 Torr, wobei insgesamt ein Anstieg erkennbar ist. Die Pulswerte pendeln zwischen 110 und 160/min., das Gros ist mit 140 bis 160 deutlich über der Altersnorm gelegen. Die Atmung liegt bei 30 bis 40/min. Der Maschinendruck ist mit Werten zwischen 14 und 20 nur minimal erhöht. Die Gewichtskurve läßt eine deutliche Abwärtsbewegung erkennen: Während der 36-tägigen Beatmung Gewichtsabfall um 700 g.

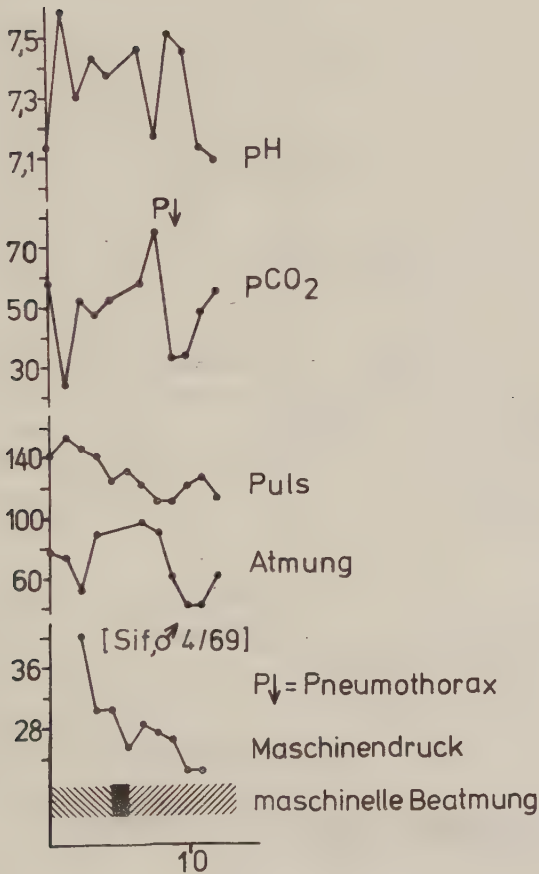


Abb. 20 (Sif.-mnl.-, 4/69)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines drei Tage alten Jungen.
 Diagnose: Ateminsuffizienz bei angeborener Trachealstenose und Pneumonie.
 Beobachtungszeitraum: 12 Tage (Abszisse)

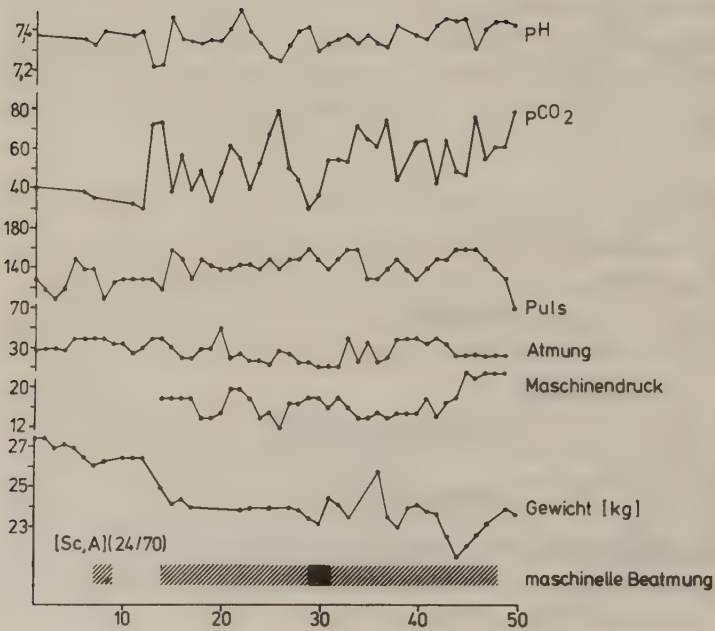


Abb. 21 (Sch.A., 24/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 8 3/4 Jahre alten Jungen.

Diagnose: Durch Stammhirn bedingte Atemlähmung.

Beobachtungszeitraum: 50 Tage (Abszisse)

(22) Patient Röd.B. (2/71) (Abb. 22)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz bei Zwerchfellparese und Lungenfibrose. Bei Beatmungsbeginn war das Mädchen 24 Stunden alt und wog 3180 g. Nach 98-tägiger maschineller Beatmung starb das Kind, Gewicht 4700 g.

Insgesamt keine erheblichen Schwankungen der dargestellten Parameter. Nach anfänglicher, durch eine Überbeatmung verursachte Alkalose mit einem pH-Wert von 7.58 und einem $p\text{CO}_2$ von 28 Torr liegen die pH-Werte dann zwischen 7.3 und 7.4. Der $p\text{CO}_2$ -Wert klettert während einer kurzzeitigen Phase der Spontanatmung bis auf 96 Torr bei einem pH-Wert von 7.21. Anschließend kontinuierliches Absinken des $p\text{CO}_2$ von 60 bis 70 auf 40 bis 50 Torr. Die inspiratorische Sauerstoffkonzentration lag zunächst zwischen 50 und 60 und konnte dann bis auf 45 % gesenkt werden. Die Pulskurve liegt recht konstant um 160/min. Die Beatmungsfrequenz war meist auf 50 bis 60/min. eingestellt. Als einzige Kurve schwankt diejenige des Maschinendruckes stärker und zwar zwischen 16 und 28 cm H_2O . Der Gewichtsanstieg unter der Beatmung betrug 1520 g!

(23) Patient Fle.C. (1/70) (Abb. 23)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz nach Bänderlungsoperation wegen Ventrikelseptumdefekt. Bei Beatmungsbeginn war das Mädchen 24 Stunden alt und wog 4200 g. Nach 33 Tagen maschineller Beatmung starb das Kind, Gewicht 4500 g. Unter der Beatmung entwickelte sich eine Pneumonie und eine Candidainfektion.

Nur die $p\text{CO}_2$ -Kurve weist erhebliche Schwankungen auf. Der pH-Wert bewegt sich um 7.3, wobei Grenzwerte von 7.18 und 7.45 erreicht werden. Bei Beatmungsbeginn lag der $p\text{CO}_2$ bei 100 Torr. Drei Tage später Abfall bis auf 45 Torr. Das Gros der folgenden Werte liegt um 80 Torr. Insgesamt bei steigender Tendenz. Zunächst war eine inspiratorische Sauerstoffkonzentration von 80 % notwendig. Nach Reduzierung bis auf 40 % mußte sie präfinal wieder auf 65 erhöht werden.

Die Pulswerte pendelten um 140/min. und die Beatmungsfrequenz um 60/min. Der Maschinendruck konnte von 38 cm H₂O bis auf 20 cm H₂O gesenkt werden. Anstieg der Gewichtskurve um 300 g bis auf 4500 g.

(24) Patient Aky.O. (16/71) (Abb. 24)

Maschinelle Beatmung wegen Ateminsuffizienz nach Bändelungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt. Bei Beatmungsbeginn war der Junge 86 Tage alt und wog 4530 g. Nach 135 Tagen maschineller Beatmung starb das Kind, Gewicht 4710 g. Die Verlaufskurve der pH-Werte pendelt zwischen 7.3 und 7.4. Dreimal sinkt der pH-Wert ab bis auf 7.25 und viermal übersteigt er 7.5. Demgegenüber schwankt die pCO₂-Kurve mehr und zwar zwischen 40 und 75 Torr. Fünfmal bestand eine Hyperkapnie mit pCO₂-Werten über 75 Torr. Nur zu Beginn der Beatmung lag die inspiratorische Sauerstoffkonzentration bei 60 %, dann durchwegs bei 40 %. Im ersten Quartal der Beatmung fallen Pulsschwankungen zwischen 100 und 160/min. auf. Im weiteren Verlauf bewegen sich die Werte zwischen 120 und 140/min. Die Beatmungsfrequenz bewegt sich zwischen 40 und 60/min. Nach anfänglich niedrigem Maschinendruck um 16 cm H₂O mußte er dann schrittweise bis auf 28 cm H₂O erhöht werden. In der zweiten Hälfte der Beatmungsperiode konnte der Druck dann bei 18 cm H₂O gehalten werden. In den 135 Tagen der Beatmung kam es zu einem Gewichtsanstieg von 180 g. Die Darstellung der täglichen Gewichtsänderungen dokumentiert erhebliche Schwankungen bis zu 350 g von einem Tag zum anderen. Die Gabe eines Diureticums (Lasix^R) führte immer wieder zu einer Gewichtsreduktion. In den letzten Lebenstagen bewirkte die Dauermedikation mit Lasix^R deutlich geringere tägliche Gewichtsänderungen mit insgesamt einer Gewichtsabnahme.

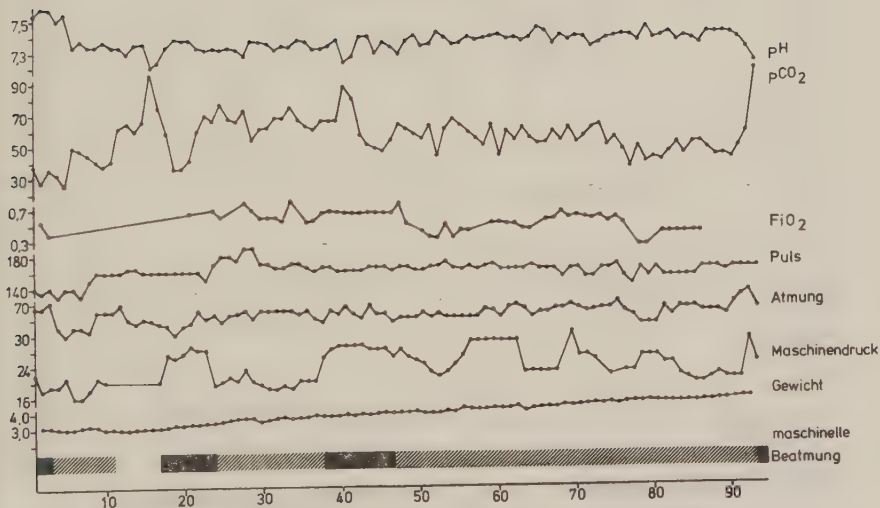


Abb. 22 (Röd.B., 2/71)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 24 Stunden alten Mädchens.
Diagnose: Ateminsuffizienz bei Zwerchfellparese und Lungenfibrose.

Beobachtungszeitraum: 98 Tage (Abszisse)

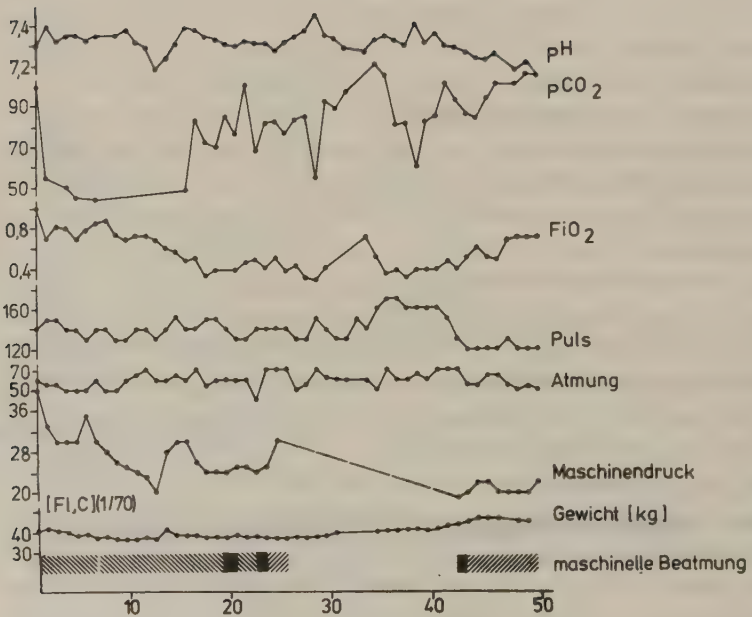


Abb. 23 (Fle.C., 1/70)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 24 Stunden alten Mädchens.
Diagnose: Ateminsuffizienz nach Bänderungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt.
Beobachtungszeitraum: 49 Tage (Abszisse)

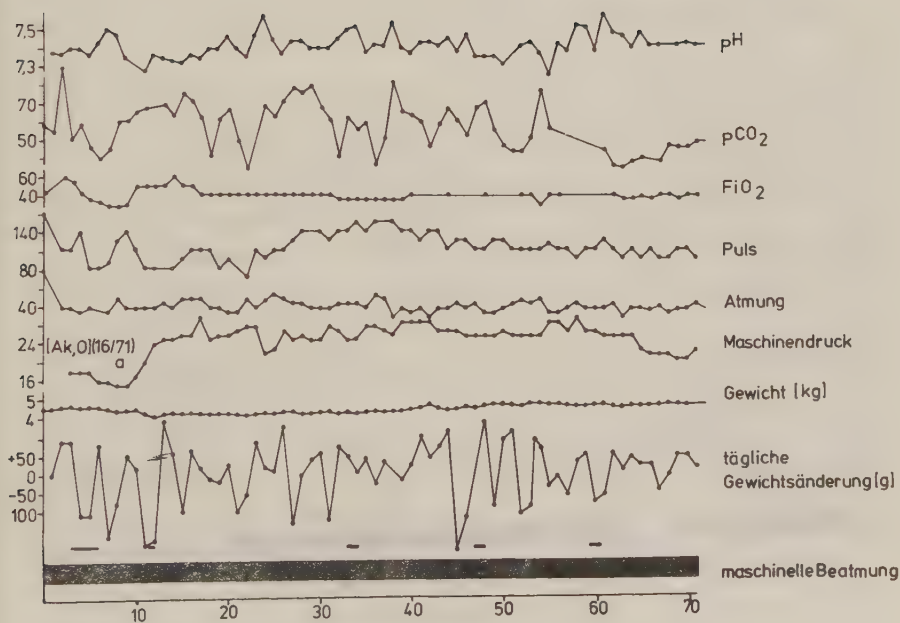


Abb. 24a (Aky.O., 16/71)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 86 Tage alten Jungen.

Diagnose: Ateminsuffizienz nach Bänderungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt.

Beobachtungszeitraum: 142 Tage, hier 1. bis 71. Tag (Abszisse)

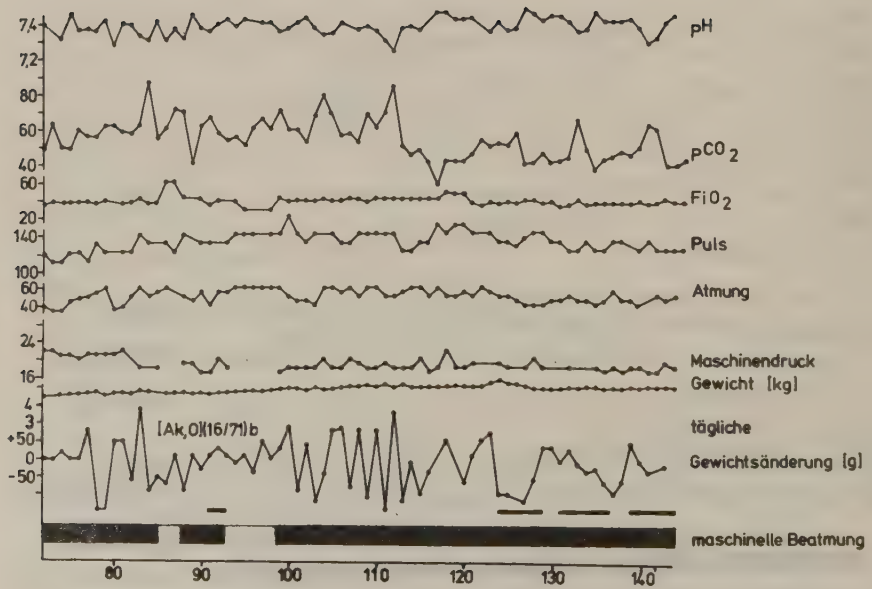


Abb. 24b (Aky.O., 16/71)

Verlauf der Vitalgrößen, Beatmungsparameter, Blutgase und des Körpergewichtes eines 86 Tage alten Jungen.

Diagnose: Ateminsuffizienz nach Bündelungsoperation bei Ventrikelseptumdefekt.

Beobachtungszeitraum: 142 Tage, hier 72. bis 142. Tag (Abszisse)

IV. DISKUSSION

1. Indikation zur maschinellen Beatmung

In den Jahren 1969 bis 1971 wurde die Indikation zur maschinellen Beatmung noch vorwiegend anhand klinischer Befunde gestellt. Bei vorausgegangenem Atemstillstand mit und ohne Herzstillstand war die Indikation klar. In einem Kollektiv von 250 maschinell beatmeten Kindern, vergleichbar mit dem unseren, hatten bereits 104 Kinder Herz-, Atem- oder Herz-Atemstillstände vor der Beatmung erlitten (STEMMANN 1971). Durch eine solche verspätete Atemhilfe sinken die Chancen einer erfolgreichen Beatmung: Nur 16 der 104 Kinder (15 %) überlebten.

Folgende Befunde wiesen auf eine respiratorische Insuffizienz hin und veranlaßten uns zu einer maschinellen Beatmung: Tachykardie mit Tachypnoe, erhebliche inspiratorische Einziehungen mit Einsatz der akzessorischen Atemmuskulatur. Als Alarmzeichen eines CO_2 -Komas: Flache, unregelmäßige Atmung, verbunden mit Bewußtseinstörung und verminderter Schmerzreaktion, motorische Unruhe ("Lufthunger"), periphere Vasokonstriktion mit kalten und blassen Extremitäten, kalter Schweiß, Zyanose.

In hochgradiger Dyspnoe ist die Atemarbeit auf das Zehn- bis Zwanzigfache der Norm erhöht und der Energieumsatz um 50 % gesteigert (LOEWENICH 1973). Ein verschleppter Entschluß zur Respiratortherapie kostet wertvolle Energie und verschlechtert die Prognose. Dies zeigen auch Untersuchungen bei Erwachsenen: Alle verstorbenen Patienten einer Gruppe polytraumatisierter Erwachsener waren verspätet sekundär maschinell beatmet worden. Hingegen starb keiner von den primär beatmeten Kranken (WOLFF 1977). Rückblickend wurden bei uns sicher nicht alle Kinder rechtzeitig beatmet. Es fehlten damals noch die Voraussetzungen, um im 24 Stunden-Turnus rasch Blutgase bestimmen zu können.

1969 bis 1971 war es noch nicht möglich, routinemäßig die Oxygenierung durch Bestimmung des arteriellen Sauerstoffpartialdruckes zu überwachen. Rund um die Uhr wurden nur pH und $p\text{CO}_2$ bestimmt. Es konnte die Indikation zur Beatmung damals noch nicht durch Meßwerte gestützt werden.

Heute verfügt die Intensivstation über einen Blutgasanalysator. Damit werden bettseitig pH, $p\text{O}_2$ und $p\text{CO}_2$ bestimmt. Noch besser als punktuelle Einzelbestimmungen sind kontinuierliche Verlaufsmessungen. Als nicht invasives Verfahren wird so fortlaufend der $p\text{O}_2$ über eine Hautelektrode bestimmt: Transkutane $p\text{O}_2$ -Messung. Die Blutgase und ihr Verlauf erlauben eine sichere Aussage, ob eine Ateminsuffizienz - egal welcher Genese - durch Atemhilfen oder Beatmungsmaschinen aktiv zu behandeln ist, oder ob damit noch abgewartet werden kann (SCHULZ 1974). Ein arterieller $p\text{O}_2$ bei Atmung von reinem Sauerstoff ($\text{FiO}_2:1.0$) unter 50 Torr wird hier als Grenzwert angesehen (POHLAND 1973): Werte unter 50 Torr machen Atemhilfen oder eine maschinelle Beatmung erforderlich. Weniger aussagekräftig ist der $p\text{CO}_2$ -Wert. Hier liegen die Grenzwerte bei 55 bis 70 Torr (POHLAND 1973). Man ist aber heute der Meinung, daß eine Hyperkapnie bei ausgeglichenem pH-Wert noch nicht in jedem Fall ein aktives Vorgehen erfordert. Analysiert man den Beginn der maschinellen Beatmung der 24 Kinder, so ist festzustellen, daß damals sicher öfters verspätet mit der maschinellen Beatmung begonnen worden ist. Dafür sprechen die teilweise sehr schlechten kapillären $p\text{CO}_2$ - und vor allem aber die pathologischen pH-Werte. Hätte man zu dieser Zeit schon regelmäßig O_2 -Bestimmungen durchführen können, oder gar eine transkutane $p\text{O}_2$ -Elektrode zur Verfügung gehabt, so wäre häufiger statt der verspäteten sekundären eine primäre, maschinelle Beatmung durchgeführt worden. Die frühe primäre, maschinelle Beatmung verbessert die Prognose (WOLFF 1978). Dies trifft auch zu bei Kindern nach großen operativen Eingriffen. Der Gasaustausch ist hier besser unter Kontrolle und für den Schwerkranken entfällt die Atemarbeit.

Keinesfalls dürfen Blutgaswerte alleine ausschlaggebend sein für die Indikation zur maschinellen Beatmung, denn ein akut erkrankter Patient - beispielsweise ein Kind im Status asthmaticus - kann trotz manifester Atemstörung durch Hyperventilation lange seine Blutgase im Normbereich halten und benötigt trotzdem umgehend eine Atemhilfe (MANTEL 1980). Klinik und biochemische Meßwerte zusammen vermitteln am besten ein Urteil über die aktuelle Situation einer gestörten Atmung.

2. Künstliche Luftwege

Eine Langzeitbeatmung macht künstliche Luftwege erforderlich. Hier kommen Orotracheal- oder Nasotrachealtuben und Trachealkanülen in Frage. Erst die gewebefreundlichen Kunststoffkanülen und Endotrachealtuben aus Polyvinylchlorid haben die langen Liegedauern ermöglicht.

Wie heute wurden 1969 bis 1971 die langzeitbeatmeten Kinder vorwiegend nasotracheal intubiert und über einen Orotrachealtubus wurden nur die Kinder weiterbeatmet, die bereits so intubiert in die Klinik verlegt worden waren. Kinder tolerieren nämlich den Orotrachealtubus weniger gut als den Nasotrachealtubus (STEWART 1980) und die Pflege solcher Kinder ist schwieriger: Bei liegendem Orotrachealtubus ist die Mundpflege mühsam und der Endotrachealtubus nur schwer wirklich zuverlässig zu fixieren.

Wenn es früher noch Zentren gab, die mit guten Ergebnissen für eine Langzeitbeatmung tracheotomierten (GLOVER 1970), so hat sich heute allgemein die nasotracheale Intubation durchgesetzt (SONNTAG 1971, KASCHANER 1969). Dauerbeatmungen hingegen, wo nach 8 bis 12 Wochen ein Ende nicht abzusehen ist, werden nach dieser Zeit über eine sekundäre Tracheotomie fortgesetzt.

Nasotracheale Intubation

Nach den guten Ergebnissen der Universitäts-Kinderkliniken von Zürich, Mainz und Düsseldorf mit der Langzeitintubation wurden in München von Beginn an nasotracheale Langzeitintubationen durchgeführt. Die wichtigste organisatorische Voraussetzung konnte erfüllt werden: Es war immer ein Arzt auf der Station anwesend, der notfalls in wenigen Augenblicken ein Kind neu intubieren konnte (ärztliche Tag- und Nachtschicht nur für die Intensivstation). Die sechs bzw. acht Selbstextubationen von zwei Patienten der untersuchten Serie unterstreichen dieses Prinzip.

Folgende, heute noch gültige Punkte fanden bei der nasotrachealen Intubation Berücksichtigung:

1. Vor der Intubation werden Nasengänge, Mund- und Rachenhöhle abgesaugt, zusätzlich auch der Magen, wenn der Patient ein gefüttertes Kind ist (Gefahr der Nahrungsaspiration). Die Magensonde bleibt dann liegen.
2. Prämedikation mit Atropin, ausreichend tiefe Sedierung (z.B. Valium^R) und Muskelrelaxation über den stets erforderlichen venösen Zugang. Im relaxierten Zustand ist eine atraumatische Intubation gewährleistet. Sie ist kontraindiziert, wenn der Patient nicht sicher mit der Maske beatmet werden kann.
3. Während der Intubation Überwachung durch EKG-Monitor. Der intubierende Arzt "hört" (opto-akustisches Pulssignal) wie es dem Kind geht und unterbricht bei erschwerter Intubation rechtzeitig den Eingriff, um intermittierend mit der Maske zu beatmen.
Zur Vermeidung von Intubationsschäden dürfen nicht zu dicke Endotrachealtuben verwendet werden. Es gelten die Richtwerte von ALLEN (1972).
4. Das sichere Fixieren des Tubus mit Pflaster und sorgfältiges Immobilisieren des Kindes verhindert weitgehend eine Selbstextubation. Später werden Nasotrachealtuben von den Kindern so gut toleriert, daß die Gefahr der Selbstextubation nicht mehr besteht. Dies gilt auch für die Trachealkanülen.

5. Nach der Intubation wird durch die vergleichende Auskultation die richtige Tubuslage klinisch und durch eine Röntgenaufnahme radiologisch kontrolliert (NEIDHARDT 1973).

Routinemäßig werden bei den langzeitintubierten Kindern Laryngo-Tracheoskopien durchgeführt. So wird bei einer Laryngotracheitis durch die künstlichen Luftwege nicht der Zeitpunkt übersehen, wo die Vermeidung einer "Intubationsstenose" eine Tracheotomie indiziert erscheinen läßt (MANTEL 1976_{II}).

Tracheotomie

Nasotracheale Intubation und Tracheotomie ergänzen sich gegenseitig als Zugang zu den Luftwegen, um diese offen zu halten (Krupp-Syndrom) und für die Respiratortherapie. Folgende Indikationen sind auch heute noch für die Tracheotomie zu nennen:

1. Erschwerte Intubation

Machen Fehlbildungen (Mikrognathie u.a.) und Grundkrankheiten (Verbrennungen und Verletzungen im Gesicht-Hals-Bereich) eine Darstellung des Larynxeinganges nur sehr schwer möglich, so schließt sich hier an die orotracheale Intubation sofort eine Tracheotomie an. Nur extrem selten kann ein Kind für eine Tracheotomie nicht orotracheal intubiert werden und es muß in Maskennarkose ohne liegenden Endotrachealtubus tracheotomiert werden. Damit erhöht sich das Risiko für den Patienten.

2. Stenosen im Bereich des Larynx

Bei angeborenen oder erworbenen Larynxstenosen - supraglottisch, glottisch oder subglottisch - kann nur über wenige Tage hinweg eine Intubation risikolos durchgeführt werden, weil sich sonst auf die Grundkrankheit eine "Intubationsstenose", d.h. eine Stenose durch den liegenden Nasotrachealtubus, aufpfropft.

3. Organisatorische Probleme

Ist bei intubierten Kindern im Falle einer Selbstextubation oder einer plötzlichen Tubus-Obstruktion die sofortige Intubation nicht immer gewährleistet, dann bietet die Tracheotomie mehr Sicherheit.

4. Ende der Intubationsbehandlung nicht abzusehen

Ist nach ca. zwei bis drei Monaten ("100-Tage-Regel") das Ende einer Intubationsbehandlung - mit oder ohne Respirator - nicht abzusehen, so führen wir eine Tracheotomie durch. Vorher wird der Larynxbefund endoskopisch kontrolliert und foto-dokumentiert.

5. Sonderfälle

Müssen Kinder mit maximalem Druck maschinell beatmet werden (Schocklunge), so gelingt dies nur mit künstlichen Luftwegen, bei denen der Cuff geblockt ist. Bei Kindern jenseits der Säuglingsperiode werden hierfür Kunststoffkanülen - ausnahmsweise mit Manschetten (Cuff) - benutzt. In allen übrigen Fällen werden bei Kindern immer Endotrachealtuben und Kanülen ohne Manschette verwendet. Bei einigen über mehrere Wochen maschinell beatmeten Säuglingen gelang die Entwöhnung vom Respirator und der CPAP-Atmung nur nach dem Übergang auf eine Trachealkanüle.

Für die Pflege tracheotomierter Kinder müssen dieselben Punkte beachtet werden wie bei den endotracheal intubierten Patienten.

Um bei einem versehentlichen Dekanülement in den ersten Stunden und Tagen nach der Tracheotomie die Kanüle wieder sofort mühelos einführen zu können - bisher gab es trotz der Haltefäden in der Trachea große Schwierigkeiten, weil die Kanülenspitze in der Loge zwischen Haut und Schleimhaut hängenblieb -, sind wir jetzt dazu übergegangen, mittels einer Z-Plastik die Haut und die Trachealschleimhaut dicht anzunähen. Ein Kanülenwechsel ist so vom ersten Tag an problemlos möglich und die Wundheilung erfolgt nach der Tracheotomie schneller.

3. Moderne Beatmungstechniken und mechanische Atemhilfen

Im Moment ist die Palette der uns als Atemhilfen zur Verfügung stehenden Methoden vielfältig (Tab. 1). Im wesentlichen ist es aber das Prinzip des "constant distending pressure" (CDP), des kontinuierlichen Blähdruckes in der Ausatemphase, welches all diesen Atemhilfen zugrunde gelegt wird.

1968 konnte nämlich HARRISON nachweisen, daß bei Kindern mit hyalinen Membranen eine Erhöhung des intraalveolaren Druckes während der Expiration einen Anstieg des arteriellen Sauerstoffpartialdruckes bedingt. Diese Patienten erreichen den Druckanstieg durch ein für das Atemnotsyndrom typisches expiratorisches Stöhnen (grunting).

Als Beweis für seine Beobachtung fand HARRISON nach Intubation der Kinder, womit er den Glottisschluß während der Ausatmung und damit auch die expiratorische Druckerhöhung in den Luftwegen unterbinden konnte, niedrigere PaO_2 -Werte.

Zwei Möglichkeiten gibt es, einen CDP bei Spontanatmung und maschineller Beatmung aufzubauen. Einmal durch Erzeugung eines expiratorischen Überdruckes (Blähdruckes) in den Luftwegen: CPAP-constant positive airway pressure - kontinuierlicher Überdruck in den Atemwegen - und zweitens durch Lagerung des Kindes bzw. nur seines Thoraxes in eine Unterdruckkammer: CNP-constant negative chest wall pressure - kontinuierlicher Thorax-Unterdruck - (VIDYASAGAR 1971). Der CDP bei maschineller Überdruckbeatmung wird als PEEP- positive endexpiratory pressure - positiver endexpiratorischer Druck - bezeichnet und entspricht dem CPAP bei Spontanatmung.

Wirkung des CDP

Wie beim Atemnotsyndrom, der Schocklunge und dem Lungenödem manifestiert sich eine Ateminsuffizienz im Kindesalter u.a. in einer verkleinerten FRC. Das erniedrigte Lungenvolumen führt dabei zu pathologischen PaO_2 -Werten (BANCALARI 1973). Ein kontinuierlicher Blähdruck erhöht binnen Kürze diese Volumengröße, bessert die Hypoxämie (Anstieg des PaO_2) und normalisiert weitere Parameter: Mit Zunahme der FRC werden

Tabelle 1

MODERNE BEATMUNGSTECHNIKEN UND MECHANISCHE ATEMHILFEN (MODIFIZIERT NACH LANG 1979)

1. CDP: "continuous distending pressure",
kontinuierlicher Blähdruk in den Atemwegen bei Spontanatmung.
- 1a. CPAP: "continuous positive airway pressure",
kontinuierlicher Überdruck in den Atemwegen bei Spontanatmung.
- 1b. CNP: "constant negative chest wall pressure",
kontinuierlicher Thorax-Unterdruck (und damit Überdruck in den Atemwegen) bei Spontanatmung.
2. IPPV + PEEP: "intermittent positive pressure ventilation + positive endexpiratory pressure",
intermittierende Überdruckbeatmung mit positivem endexpiratorischem Druck.
3. IMV: "intermittent mandatory ventilation",
intermittierend angewandte kontrollierte Beatmung.
4. IAV: "intermittent assisted ventilation",
intermittierende patientengetriggerte Beatmung.
5. IDV: "intermittent demand ventilation",
intermittierende patientengetriggerte Beatmung.
6. IS-IMV: "inspiration synchronized intermittent mandatory ventilation",
inspiratorisch patientengetriggerte, intermittierend angewandte kontrollierte Beatmung.
7. ES-IMV: "expiration synchronized intermittent mandatory ventilation",
expiratorisch patientengetriggerte, intermittierend angewandte kontrollierte Beatmung.
8. IDV + CPAP: "intermittent demand ventilation + continuous positive airway pressure",
intermittierende patientengetriggerte Beatmung mit einem kontinuierlichen Überdruck in den Atemwegen kombiniert.

perfundierte Alveolen, die zuvor nicht ausreichend belüftet waren - pathologischer, intrapulmonaler Rechts-Links-Shunt ($\dot{Q}_S/\dot{Q}_T$) -, wieder besser ventiliert (GREGORY 1971). Als Parameter der Verbesserung des Verhältnisses von Ventilation zu Perfusion bestimmt man einen Anstieg von PaO_2 und einen Abfall der Alveolo-arteriellen Sauerstoffdifferenz ($AaDO_2$) sowie von $\dot{Q}_S/\dot{Q}_T$ auf Normwerte. Fortlaufende Kontrollen der arteriellen Sauerstoffspannung sind notwendig, um während der Behandlung mit CDP die inspiratorische Sauerstoffkonzentration (FiO_2) dem Bedarf anzupassen und einer Sauerstoffintoxikation auf der einen Seite oder Hypoxämie auf der anderen vorzubeugen. Optimal ermöglicht dies heute die transkutane Bestimmung des Sauerstoffpartialdruckes ($tcPO_2$) über eine Hautelektrode.

Zwei Ergebnisse sind es, deretwegen der CDP zur Basis der modernen Beatmungstechnik in der Pädiatrie geworden ist. Erstens wird unter einem CDP Sauerstoff eingespart: Binnen 12 Stunden konnte GREGORY die FiO_2 um 50 % erniedrigen (GREGORY 1973). Bei maschinell beatmeten Kindern mit einem Atemnotsyndrom sank nach Einführung der PEEP-Beatmung mit entsprechend geringeren FiO_2 -Konzentrationen die Frequenz der "Sauerstoff-Intoxikationslunge", der bronchopulmonalen Dysplasie von 36 % auf 17 % (BERG 1975).

Zweitens reduzierte sich nach Anwendung des CDP in Form eines CPAP-Verfahrens drastisch die Zahl maschinell beatmeter Kinder. Durch Spontanatmung mit CPAP kann hier die Atemstörung überwunden werden, ohne daß der Patient an einen Respirator angeschlossen werden muß. Heute gelten für die Therapie schwerer Atemstörungen die in Tabelle 2 genannten Richtlinien (LANG 1979).

Tabelle 2

NACH INDIKATIONEN GEGLIEDERTER EINSATZ VON BEATMUNGS-
TECHNIKEN UND MECHANISCHEN ATEMHILFEN
(MODIFIZIERT NACH LANG 1979)

1. IPPV + PEEP oder IPPV ohne PEEP

Schwerstes Atemnotsyndrom (IRDS)

Zustand nach großen chirurgischen Eingriffen

Schwere Multitraumata

Akute und chronische Atemstörungen anderer Genese

(Fehlbildungen von Herz, Zwerchfell und Lungen -

Vergiftungen - Lungenödem)

2. IMV

Ersatz und Ergänzung bei Beatmung mit Respiratoren
ohne Patiententrigger

Zustand nach großen chirurgischen Eingriffen und
vorhandener Spontanatmung

Entwöhnung vom Respirator (Phase I)

3. CPAP

Beginnendes und mittelschweres Atemnotsyndrom (IRDS)

Evtl. Apnoen des Frühgeborenen

Prophylaxe der Schocklunge (Multitraumata, Sepsis,
prolongierter Kreislaufschock)

Zustand nach chirurgischen Eingriffen und noch be-
stehender Ateminsuffizienz

Beginnendes Lungenödem

Entwöhnung vom Respirator (Phase II)

Zusammenfassend ist festzustellen, daß das Zusammenspiel nachfolgender Faktoren wesentlich zu den besseren Ergebnissen der heutigen Respiratortherapie beiträgt:

1. Nunmehr elfjährige Praxis in der Respiratortherapie.
2. Verbesselter Stellenplan (Schwestern, Ärzte) für die Station.
3. Entwicklung der die Lungen weniger traumatisierenden CDP-Verfahren ohne die Notwendigkeit der Intubation und dadurch Einsparung maschineller Beatmungen.
4. Entwicklung verbesserter Kinderrespiratoren (Beispiele: Babybird, Servoventilator). Dadurch Möglichkeit der PEEP-Beatmung, der IMV-Beatmung und anderer differenzierter Beatmungstechniken.
5. Kontinuierliche Überwachung des transkutanen PO_2 mit Hautelektroden (in Bälde auch des transkutanen PCO_2).
6. Strengere Flüssigkeitsbilanzierung: Häufigerer Einsatz von Furosemid u.a. Dadurch seltener Lungenödeme bei Schwerkranken.
7. Früherer Einsatz von Atemhilfen / Respiratoren.
8. Schonendere Möglichkeit der Respirator-Entwöhnung durch IMV-Beatmung und dann CPAP-Atmung.
9. Neue, wirksamere Möglichkeiten der antimikrobiellen Therapie.
10. Möglichkeit der bettseitigen Röntgendiagnostik 24 Stunden rund um die Uhr.

V. ZUSAMMENFASSUNG

Die Studie befaßt sich mit den Anfängen der eigentlichen Respiratortherapie am Dr. von Hauner'schen Kinderspital in München seit 1969.

Hierfür wurden 24 Langzeitbeatmungen bei 17 Jungen und 7 Mädchen detailliert analysiert und deren Verläufe graphisch dargestellt. Es waren 1047 Beatmungstage, wobei im Durchschnitt jeder Patient 78.9 Tage auf der Intensivstation lag und 43.6 Tage lang maschinell beatmet werden mußte.

In ihren Einzelheiten wird die Technik von Langzeitintubation und Respiratortherapie der damaligen Zeit dargestellt.

Die damaligen Methoden und Ergebnisse werden kritisch aus der Sicht heute praktizierter Techniken und Erfahrungen beurteilt.

Als Übersicht werden die heutigen Möglichkeiten und Indikationen der verschiedenen Beatmungsformen und mechanischen Atemhilfen dargestellt.

Gerold Georg Pfab
8209 Stephanskirchen
Matthias Kererstr .45

Lebenslaufübersicht

Familienname : Pfab
Vorname : Gerold Georg
geboren am : 5.3.1939
geboren in : München
Familienstand : verheiratet , zwei Kinder

Schulausbildung

Volksschule : Rosenheim 1946 - 1950
Oberrealschule : Rosenheim 1950 - 1957
Oberrealschule : Prien/Chiemsee - 1960
Abitur Juli 1960

Medizinstudium

Universität München WS 1960 - WS 1965/66
Ärztliche Prüfung 1967
Approbation 1970

Praktische Ausbildung

Krankenpflegedienst : Städt.Krankenhaus Erding
Famulatur : Städt.Krankenhaus Rosenheim
und Klinik Dr.Golling Rosenheim

Medizinalassistentenzeit

Kreiskrankenhaus Wasserburg/Inn Chir.Abt.15.6.68 -31.10.68.
Kreiskrankenhaus Wasserburg/Inn Int.Abt. 1.11.68-30.4.69
Städt.Krankenhaus Rosenheim Geb.-gyn.Abt.1.5.69 -31.8.69

Gerold Georg .Pfab

Lebenslaufübersicht : Fortsetzung

Tätigkeit als Assistent

Urologische Klinik Dr. Golling , Leiter Dr.F.L. Wimmer
1969 - 1972

Kreiskrankenhaus Wasserburg / Inn Chir.Abt.Dr.Döderlein
1972 -1973

Chiemseeklinik Frien /Chiemsee Prof. Werner Schmitz
1973 - 1978

Seit 1.5.1978 Städt. Krankenhaus Rosenheim Urologische
Abteilung Prof. K.M. Bauer

Facharztanerkennung :

Arzt für Urologie seit 1978

